REVISTA
ESPAMCIENCIA
para el agro

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López

ISSN-e: 1390-8103

VOLUMEN
15
N°E
NOVIEMBRE 2024

humus EDITORIAL

Solubles Instantáneos C.A. DESDE 1960
REDUCAFÉ RED UNIVERSITARIA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO CAFETALERO REG-RED-18-0008
REDIB Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico
MIAR Matriz de Información para el Análisis de Revistas
PERIÓDICA Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias
BASE
Dialnet
AmeliCA

REVISTA ESPAMCIENCIA para el agro

EFECTO DE DOS ALTERNATIVAS DE FERTILIZACIÓN EDÁFICA SOBRE EL CRECIMIENTO DE CUATRO VARIEDADES DE CAFÉ ARÁBIGO

EFFECT OF TWO SOIL FERTILIZATION ALTERNATIVES ON THE GROWTH OF FOUR VARIETIES OF ARABICA COFFEE

Agustín Hugo Álvarez Plua, Juledy Chele Campozano, Fernando Ayón Villao, Juan García Cabrera, Yhony Alfredo Valverde Lucio

Universidad Estatal del Sur de Manabí, Campus Los Ángeles, Km 1½ vía Jipijapa-Noboa, Jipijapa, Manabí, Ecuador

Email: yhonny.valverde@unesum.edu.ec

Información del artículo

Tipo de artículo: Artículo original

Recibido: 05/07/2024

Aceptado: 13/11/2024

Licencia: CC BY-NC-SA 4.0

Revista ESPAMCIENCIA 15(E):1-8

DOI: https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v15iE.514

Resumen

El objetivo del estudio fue describir el desarrollo morfológico de cuatro genotipos de café arábigo (dos híbridos y dos variedades) de café en el primer año de crecimiento, y su respuesta a la aplicación de la fertilización edáfica. La metodología fue experimental, se aplicó el diseño de bloques al azar con arreglo factorial 4 x 2 para las variables cuantitativas, donde el factor A fueron las variedades: Sarchimor 4260, Bourbon Rojo y Amarillo y Catuai y el factor B fueron dosis de: yeso agrícola 50 g más 25 g de urea y humus de lombriz 500 g más 25 g de urea. La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey α = 0.05. Para el análisis estadístico se empleó el software Infostat. Se analizaron variables morfológicas cuantitativas y cualitativas. Se empleó para su análisis la prueba de Chi - cuadrado. Los resultados, determinaron a nivel morfológico, en el primer año, la mayor altura de planta y diámetro de tallo se observó en la variedad Bourbon amarillo, y que no hubo diferencias estadísticas para el factor fertilización edáfica, ni para las interacciones (genotipos vs fertilización edáfica), mientras que para las variables fenotípica el estudio determino que no hubo diferencias estadísticas. Las hojas de todos los cultivares son elípticas con ápice apiculado y el color de hojas es verde y la forma de la copa es rectangular. Se concluyó que las diferencias mostradas se deben posiblemente a las características genéticas de los materiales estudiados.

Palabras clave: Nutrición vegetal, fenotipo, abonos, crecimiento.

Abstract

The aim of the study was to describe the morphological development of four Arabica coffee genotypes (two hybrids and two varieties) during the first year of growth, and their response to the application of soil fertilization. The methodology was experimental, applying a randomized block design with a 4 x 2 factorial arrangement for the quantitative variables, where factor A was the varieties: Sarchimor 4260, Red and Yellow Bourbon, and Catuai, and factor B was the doses of: agricultural gypsum 50 g plus 25 g of urea and earthworm humus 500 g plus 25 g of urea. The comparison of means was performed using Tukey's test at α = 0.05. Infostat software was used for the statistical analysis. Quantitative and qualitative morphological variables were analyzed. The Chi-square test was used for the analysis. The results determined that, at a morphological level, in the first year, the highest plant height and stem diameter were observed in the Yellow Bourbon variety, and there were no statistical differences for the soil fertilization factor or for the interactions (genotypes vs. soil fertilization), while for phenotypic variables, the study determined that there were no statistical differences. The leaves of all cultivars are elliptical with an apiculate apex, leaf color is green, and the shape of the canopy is rectangular. It was concluded that the differences shown are possibly due to the genetic characteristics of the studied materials.

Key words: Plant nutrition, phenotype, fertilizers, growth.

INTRODUCCIÓN

El café tiene una gran importancia social y económica a nivel mundial, ya que sus semillas, tostadas, molidas y en infusión, constituyen la bebida no alcohólica más consumida actualmente. No obstante, de esta importancia, este rubro tiene muchas limitaciones técnicas que impiden su desarrollo sostenido. Además, este cultivo supone una actividad económica clave en muchos países en desarrollo, y se estima que su procesamiento y comercialización movilizan más de 70 000 millones de dólares al año, y dan trabajo a más de 125 millones de personas. Los suministros comerciales de café provienen de más de una especie, pero es *Coffea arabica* la que suministra la mayor cantidad y mejor calidad de grano (Rojo, 2014).

Ecuador, con una cultura de producción cafetalera, se cultiva las dos principales especies comerciales en el contexto mundial, *Coffea arábica* L (café arábico) y *Coffea canephor*a Pierre ex Froehner (robusta) (Ponce *et al.,* 2018). En este país el café arábigo posee un 62% y el robusta un 38%, siendo la variedad arábiga la que mejores precios obtiene tanto en los mercados locales como en los internacionales (Ortega, 2023).

Álvarez *et al.* (2017) señalan que, en la provincia de Manabí, particularmente el cantón Jipijapa, ha sido uno de principales lugares que produce el grano de café, que desde tiempos remotos ha sido muy producido y codiciado por propios y extraños por ser una de las bebidas que aviva sensaciones como el placer, energía y bienestar de los productores y consumidores.

El cultivo del café en la provincia de Manabí se concentra principalmente en los cantones Jipijapa, Portoviejo, Olmedo, 24 de mayo, Paján y Santa Ana, aunque existen pequeños cultivos a lo largo de casi toda la provincia (Vanegas, 2019). Por otra parte, se ha podido determinar que la especie arábiga posee características productivas importantes a nivel nacional, las mismas que han permitido a los productores obtener resultados halagadores, siendo los genotipos Caturra (17%), Catuai (14%) y Sarchimor (18%) (Monteros, 2016) los de mejor comportamiento en productividad. Mientras tanto la variedad Bourbon por sus condiciones de vigor, mejor conformación y mayor número de yemas florales representa el 20 a 30% de las plantaciones de cafeto en ciertas áreas productivas (Velásquez, 2016). Lo que demuestra que los estudios sobre fases de crecimiento y caracterización morfológica es importante ya que determinar estas características en los cultivares tiene influencia finalmente en la producción de los cultivos (Carvalho *et al*., 2010)

Sin embargo, estudios relacionados como el de Julca *et al.* (2018), en donde señala que las variedades Colombia, Catimor y Costa Rica 95 que fueron estudiadas, tienen características fenotípicas muy similares tanto para forma de la hoja siendo elípticas, forma de ápice denotada por apiculada, color de hoja siendo verde oscuro. Mientras tanto, Juárez *et al.* (2018) señalan que conocer las características físicas del fruto de café (*Coffea arabica* L), en diferentes estados de madurez, permite determinar el tiempo exacto de cosecha que produzca los mayores rendimientos de café pergamino y tomar previsiones sobre el manejo postcosecha.

En México, el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) se hace predominantemente con sistema de producción bajo sombra. Las principales variedades son Typica, Bourbon y Caturra, y la producción promedio de frutos por planta es baja en comparación con la de otros países. En estudios sobre la producción de fruta (café cereza), el rendimiento agroindustrial cereza-pergamino y la calidad sensorial de la bebida en 20 cultivares de café durante cinco ciclos de producción de calidad en estos materiales de café (1998 a 2023) fue importante conocer la diferencia de calidad de los materiales estudiados. Las variedades con mayor producción promedio de fruto (café cereza) a través de esos cinco años fueron: Catuai Amarillo (23,8 kg/planta), Caturra Rojo (22,6 kg/planta), Colombia (23,2 kg/planta) y Colombia Brote Verde (22,5 kg/planta). La variedad con mayor rendimiento agroindustrial cereza-pergamino fue Pluma Hidalgo con 237,3 kg. El rendimiento de pergamino-oro fue mejor para Colombia Brote Verde (54,7 kg) en comparación con Garnica Tres Cruces Porte Alto (59,3 kg).

Una de las prácticas que contribuye a un óptimo crecimiento y a lograr el máximo potencial de producción del café es la fertilización. Esta labor puede realizarse mediante un plan adaptado a los resultados de los análisis del suelo o mediante un plan general de fertilización (González *et al.,* 2014). De acuerdo con Restrepo (2015) la producción de cafés especiales se ha convertido en la nueva estrategia de competitividad de la caficultura en el mundo. Su diferenciación radica en los sabores de la bebida, sin defectos, que pueden adquirirse desde la producción en campo por malas prácticas agrícolas, entre las cuales se incluye la inadecuada nutrición. Para lograr una adecuada nutrición y mayor eficiencia en la asimilación de los nutrimentos Restrepo (2015), manifiesta que la industria de fertilizantes ha desarrollado nuevas tecnologías que permiten la liberación "controlada" de los nutrimentos, reduciendo su solubilidad inmediata. Los nuevos enfoques de nutrición están dirigidos hacia la agricultura de precisión, manejo de nutrientes por sitio específico (MNSE), por lotes, con distintos grados y dosis de fertilizantes. oportuna, de modo que la fertilización resulte más efectiva y económica, propendiendo además por la sostenibilidad ambiental. Para ello es indispensable que dicho instrumento esté debidamente calibrado de modo que su interpretación sea adecuada. De acuerdo con las caracterizaciones de los suelos de las distintas regiones cafeteras de Colombia, existe alta probabilidad de respuesta del café a las aplicaciones de correctivos de acidez, así como a las enmiendas orgánicas, al nitrógeno, potasio, calcio y

magnesio como nutrimentos, mientras que la probabilidad de respuesta al fósforo y al azufre es media. En relación con micronutrientes, se tiene alta probabilidad de respuesta a la aplicación de boro. Se ha encontrado que la aplicación de silicio en café, mejora el enraizamiento y reduce la incidencia de mancha de hierro en almácigos, incrementa la producción, reduce los ataques de broca y la incidencia de roya, y puede mejorar significativamente la acidez, balance y cuerpo de la bebida de café en algunas variedades de cafeto. Además, se puede asegurar que se han podido determinar las variables que más influyen en la producción del café son densidad de siembra, edad del plantío, variedad, condiciones agroclimáticas y manejo agronómico, dentro de ésta última se encuentra la fertilización. De acuerdo con Sadeghian y González (2012) la fertilización busca mantener o aumentar la materia orgánica, nutrientes en el suelo y la resistencia de las plantas a condiciones de estrés como la incidencia de plagas, enfermedades, y sequias. De acuerdo a Gómez (2019) antes de realizar la fertilización del café, se debe conocer que nutrientes necesitan tus plantas y en qué cantidad, varias investigaciones han demostrado que por cada 100 arrobas (1250 kilos) de café pergamino seco que se producen por hectárea al año, el cultivo extrae: 60 Kg de nitrógeno, 20 Kg de fósforo y 60 Kg de potasio. O si el cultivo de café produce anualmente 400 arrobas de café pergamino seco por hectárea, se va a necesitar 240 a 300 Kg de nitrógeno, 80 kg de fósforo y 240 a 260 kg de potasio por hectárea al año.

Han existido antecedentes para presumir que los fertilizantes pueden incidir en las características morfológicas, como altura de planta, diámetro de tallo, número de nudos por ramas, longitud de hoja y diámetro de hojas. León (2021) comprobó que la micorriza (MZ) en dosis de 0,5 g/planta, más 25 g urea, humus de lombriz (HL) en dosis de 50 y 150 g/planta, más 25 g urea y el yeso agrícola (YA) en dosis de 50 y 100 g más 25 g de urea, fueron los tratamientos que presentaron los que mejores resultados en el hibrido Sarchimor. Otros estudios de este mismo tipo, como el de Mosquera *et al*. (2015), determinó que la mejor respuesta morfológica en etapa de crecimiento del café arábigo Sarchimor 4260 se presentó, con el humus de lombriz en dosis de 1,0 kg/planta + urea y el yeso agrícola con dosis de 100 gr/planta + urea, el testigo, al que solo se le aplico urea, fue el que presento resultados inferiores en comparación con los otros tratamientos (Sadeghian y González, 2012).

Estudios realizados en Jipijapa, por Ayón *et al*. (2023), con el objetivo de evaluar el efecto de la fertilización química y orgánica sobre el crecimiento y el control de enfermedades del híbrido de café Sarchimor 4260, los resultados, presentaron diferencias altamente significativas ($p<0,01$) para las variables morfológicas. La mejor respuesta morfológica en etapa de crecimiento del híbrido Sarchimor 4260, fue para la aplicación de humus de lombriz en dosis de 1,0 kg/planta + urea y el yeso agrícola con dosis de 100 g/planta + urea. Considerando que Jipijapa es un cantón agrícola, especialmente cafetalero, pero no ha logrado alcanzar un nivel productivo y no ha alcanzado una ventaja competitiva sobre otros cantones de la provincia y el país, por lo que es necesario que el pequeño y mediano productor conozca que metodologías y técnicas se deben adecuar en el proceso de utilización fertilizantes químicos, abonos de origen orgánico, en que dosis y las respuestas en diferentes materiales genéticos, lo que será de mucho beneficio para los caficultores de Manabí, en especial la zona Sur Manabita.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en la finca Experimental de Andil, perteneciente a la Universidad Estatal del Sur de Manabí, ubicada en el kilómetro 5 de la vía que conduce a la Parroquia Noboa del Cantón 24 de mayo, cuyos suelos son pobres en N, ricos en P y Ca, y con niveles medios de S. Los tratamientos fueron el resultado de la combinación de los cuatro genotipos de café: Sarchimor 4260, Bourbon Rojo, Bourbon Amarillo y Catuai, con dos niveles de abonos combinados con fertilizantes, en este estudio, se aplicó yeso agrícola 50 g + 25 g de urea y humus de lombriz 500 g + 25 g de urea; definiendo un total de 8 tratamientos que se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 1. Tratamientos del estudio "Respuesta de cuatro genotipos de café (*Coffea arábica L.*) a la fertilización edáfica, en fase de desarrollo" 2024

Tratamientos	Nomenclatura	Factor A. Genotipos	Factor B. Fertilización edáfica
1	G1F1	Sarchimor 4260	Yeso 50 g + 25g de urea
2	G1F2	Sarchimor 4260	Humus 500 g + 25g de urea
3	G2F1	Bourbon rojo	Yeso 50 g + 25g de urea
4	G2F2	Bourbon rojo	Humus 500 g + 25g de urea
5	G3F1	Bourbon amarillo	Yeso 50 g + 25g de urea
6	G3f2	Bourbon amarillo	Humus 500 g+ 25g de urea
7	G4F1	Catuai	Yeso 50 g+ 25g de urea
8	G4F2	Catuai	Humus 500 g + 25g de urea

Diseño experimental

Para el análisis estadístico, se aplicó el diseño de bloques al azar con arreglo factorial 4 x 2, con cuatro repeticiones, dan lugar a la evolución de 32 unidades experimentales, con 6 plantas por unidad experimental, por lo que el total de plantas fue de 192. Para el análisis de las medias, se utilizó la prueba de significación de Tukey al 5%. Las variables de respuesta evaluadas fueron: Altura de planta. Diámetro de tallo, número de hojas y diámetro de copa. Para la variable altura de planta, se midió desde la base del suelo el último par de hojas, antes de llegar al brote del ápice, se utilizó un flexómetro y sus medidas fueron expresadas en centímetros. Para la variable diámetro de tallo, se realizó con la ayuda de un calibrador Vernier o pie de rey digital, la medida se tomó a 10 cm del suelo, y su resultado fue expresado en milímetros. El número de hojas, se contabilizó el número de hojas por cada repetición consideradas útiles por el tratamiento; el diámetro de copa, se utilizó un flexómetro tomando las ramas del tercio medio de la planta, misma que es denotada en centímetros.

Las variables cualitativas se analizaron según los descriptores IPGRI de café de la FAO, y se consideraron para el análisis: forma de hoja, que se caracterizó a través de códigos del 1-4, donde (1) obovada, (2) ovada, (3) elíptica (4) lanceolada; forma del ápice de la hoja, donde se utilizaron según su código: (1) redonda, (2) obtusa, (3) aguda, (4) apiculada, misma que para evaluarlas se analizaron todas las plantas y se consideró una de las alternativas en las que más coincidieran con su forma. La variable color de hoja, se codificó como (1) Verde, (2) Verde con claro, (3) Café oscuro, (4) Amarillas, y finalmente la forma de la copa, en esta variable se consideraron tres códigos en las cuales se encuentran: (1) Plana, (2) Redondeada, (3) Rectangular. Los datos fueron analizados, mediante un diseño experimental de Bloques Completamente al azar con arreglo factorial 4 x2 con tres repeticiones. Las medias fueron analizadas con las pruebas de comparaciones de medias de Tukey al 5%, siendo los genotipos el factor A y la fertilización edáfica el factor B. para el estudio se consideraron.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos tomados en el campo de una de las variables estudiadas fueron tabulados en el programa Excel, y el análisis estadístico se efectuó en el programa estadístico IBM SPSS Statictics versión 26. La estadística paramétrica, representada en el análisis de varianza propuesto, se justificó una vez que fueron analizados los datos y se determinó que estos tenían una distribución normal, para la varianza una vez aplicada la prueba del Kolmogorov, presentó resultados estadísticos superiores, probabilidad $p > 0.05$, por lo que se determinó que la varianza es homogénea en cada una de las variables estudiadas.

En el cuadro 2 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza para las variables altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas y diámetro de copa, aquí se puede observar que para la variable altura de planta, no existe significancia estadística, los factores individuales (genotipos, y fertilización edáfica) ni para las interacciones genotipos x fertilización edáfica, mientras que para la variable diámetro de tallo el análisis de varianza mostró significancia estadística para genotipos al 5%, mientras que para el factor B, fertilización edáfica y las interacciones genotipos x fertilización edáfica, no existió diferencia estadística. Con respecto a la variable número de hojas, el análisis estadístico mostró diferencia estadística para las interacciones genotipos x fertilización edáfica, mientras que para los factores genotipos y fertilización edáfica no existió diferencia estadística. En cuanto a la variable diámetro de copa, el ADEVA efectuado no presento diferencias estadísticas para los factores individuales (genotipos y fertilización edáfica) ni mucho menos para las interacciones (genotipos x fertilización edáfica).

En el cuadro 2, se observa que en las variedades mostraron diferencias estadísticas significativa en el diámetro del tallo. No se observó diferencia significativa entre alternativas de fertilización edáfica. Se evidenció interacción entre genotipos x fertilización edáfica en la variable número de hojas.

Cuadro 2. Cuadrados medios de cuatro variables en el estudio "Respuesta de cuatro genotipos de café arábigo a la fertilización edáfica, en fase de desarrollo. 2024.

F.V.	G.L.	Altura de planta	Diámetro de tallo	Numero de hojas	Diámetro de copa
Repeticiones	2	6,02	1,73	275,08	29,69
Genotipos	3	344,70 n.s	6,58 *	155,76 n.s	73,46 n.s
Fertilización edáfica	1	77,99 n.s	0,66 n.s	38,87 n.s	8,83 n.s
Genotipos x Ferti. edáfica	3	368,11 n.s	2,71 n.s	676,88 *	111,42 n.s
Error	14	123,79	1,49	161,09	61,47
CV %		18,80	12,95	18,80	16,37

*= Significativo al 5%, NS= No significativo

En el cuadro 3, se presentan los valores promedios de las variables altura de planta (cm), diámetro de tallo (mm), número de hojas, y diámetro de copa (cm). Mediante la comparación múltiple de Tukey al 0,05 %, se pudo

determinar que para la variable altura de planta, para el factor A genotipos existió diferencias estadísticas, siendo el genotipo Bourbon Rojo el que presento el mayor valor promedio con 68.31 cm y el menor valor promedio lo mostro el genotipo Catuai, con 48,93 cm. Mientras que para el factor B, fertilizantes ecológicos y las interacciones genotipos vs fertilización edáfica la prueba de comparaciones de medias Tukey al 0,05%, no mostró diferencias estadísticas. Con respecto a la variable diámetro de tallo la prueba de significación de Tukey al 5% determinó que existió diferencias entre los genotipos, siendo el genotipo Bourbon rojo el que presento el mayor valor promedio con 10,39 mm, el genotipo que mostro el menor valor promedio fue Catuai con 7,95 mm. Con respecto al comportamiento de las variables número de hojas, diámetro de copa, la prueba de comparaciones de medias Tukey al 5%, permitió observar que no hubo diferencias significativas para los factores individuales genotipos y fertilización edáfica, ni para las interacciones genotipos vs fertilización edáfica.

Con respecto a las características fenotípicas de los cuatro genotipos de café evaluados en etapa de crecimiento a la aplicación de fertilizantes, las variables fenotípicas, forma de hoja, forma de ápice, color de hojas y forma de copa.

Cuadro 3. Valores promedios de cuatro variables del estudio "Respuesta de cuatro genotipos de café (Coffea arábica L.) a la fertilización química y orgánica, en fase de desarrollo. 2024.

Factores	Altura de planta (cm)	Diámetro de Tallo (mm)	Numero de hojas	Diámetro de copa
Factor A. Genotipos	*	*	N.S	N.S
1. Sarchimor 4260	56,77 ab	10,17 a	71,41	46,26
2. Bourbon Rojo	68,31 a	10,39 a	72,56	53,03
3. Bourbon Amarillo	61,00 ab	8,88 b	61,78	46,89
4. Catuai	48,93 b	7,55 b	63,60	44,89
DMS	19,31	2,11	22,04	13,61
Factor B. Fertilización edáfica	N.S	N,S	N.S	N.S
1. Yeso 50 g+ 25g de urea	57,46	9,27	66,56	48,56
2. Humus 500 g + 25g de urea	60,24	9,56	68,55	47,16
DMS	10,03	3,66	11,45	7,07
Genotipo vs fertilización edáfica	N.S	N.S	N.S	N.S
1. G1F1	47,00	9,35	57,11	44,01
2. G1F2	66,53	10,99	85,78	48,51
3. G2F1	67,34	10,30	71,89	50,78
4. G2F2	69,28	10,99	73,22	55,28
5. G3F1	69,95	9,67	73,45	53,78
6. G3F2	52,05	8,09	50,11	40,00
7. G4F1	45,56	7,76	63,78	45,67
8. G4F2	54,00	8,25	63,33	43,72
DMS	33,43	3,66	38,14	23,56

*= Significativo al 5%, NS= No significativo

En el cuadro 4 se presentan los valores promedios de las variables fenotípicas evaluadas, tales como forma de hoja, forma de ápice, color de hojas y forma de copa. El valor de Chi-cuadrado, el mismo que determinó diferencia estadística significativa a nivel de la forma de hoja, donde Sarchimor presenta hojas ovadas en su mayoría, y el resto de genotipos presentan hojas elípticas. En lo que respecta al resto de variables, no se pudo identificar variabilidad, y se establece que la forma del ápice es apiculada, el color de la hoja es verde, y la forma de copa es rectangular.

Cuadro 4. Valores promedios de las variables fenotípicas evaluadas. 2024

Variable	n	Mediana	Moda	Mín.	Máx.	p-valor (chi cuadrado)
Forma de hoja	40	3,00	3,00	2,00	3,00	0,004
Forma de ápice de la hoja	40	4,00	4,00	3,00	4,00	0,420
Color de la hoja	40	1,00	1,00	1,00	2,00	0,503
Forma de la copa	40	3,00	3,00	1,00	3,00	0,410

Discusión

El desarrollo morfológico de cuatro genotipos de café evaluados con fertilización edáfica, que es la combinación de diferentes dosis de fertilizantes químicos y orgánicos, la misma que indica que la mayor altura de planta se presentó en genotipo Bourbon Amarillo, tanto para las variables altura de planta como para el diámetro de tallo, para las demás variables evaluadas y sus interacciones, no fue posible encontrar significancia estadística. Holguín (2019), en su estudio, al realizar el análisis de correlación, encontró que existe una relación lineal positiva entre las variables altura de planta y diámetro de tallo con respecto a los genotipos estudiados. Por otra parte, Armijos (2020), en su trabajo de investigación al efectuar el análisis de la relación genotipo ambiente con seis variedades de café entre estos materiales genéticos, siendo la variedad Geisha la que presentó mejor comportamiento en relación a otras variedades.

Los descriptores que presentaron un nivel de significancia menor a 0,05 fueron los AP (Altura de la planta), DP (Diámetro de la planta), LH (Longitud de la hoja), LR (Longitud de la rama). Lo que indica que ciertas variables se deben a las características propias de los materiales genéticos sometidos a estudios. Otros estudios, tales como el de Astudillo (2021), confirman que las variables de morfológicas de altura y diámetro de tallo están influenciadas por las características genéticas de los materiales genéticos evaluados. Mientras tanto, Pilatasig (2017), observó en su estudio que la variable altura de planta presentó mejores resultados con la aplicación de abono edáficos, lo que indica que en determinados momentos los fertilizantes pueden incidir sobre el comportamiento de ciertas variables morfológicas de los genotipos en estudio. Estos resultados fueron corroborados por Julca *et al.* (2018), quienes indican que, al evaluar los tres cultivares de café, estos presentaron características fenotípicas muy similares tanto para forma de la hoja siendo elípticas, forma de ápice denotada por apiculada, color de hoja siendo verde oscuro.

Una característica importante de Coffea arábica es que es una especie que se autopoliniza, lo que conduce a que sus variedades tiendan a permanecer genéticamente estables. No obstante, se han cultivado cepas con mutaciones espontáneas debido a sus características deseables, el híbrido Catuai es el resultado del cruzamiento de Mundo Novo y Caturra, y es cultivado en Sudamérica (Jiménez, 2014). En este estudio se incluyeron materiales genéticos importantes por sus características genéticas deseables tales como Sarchimor 4260 hibrido que fue originario del Hibrido Timor CIFC 832/2 (resistente a roya) y plantas de la variedad Villa Sarchí. Los Sarchimores son de porte bajo, brote verde o bronce o ambos, vigor y producción alta, bien adaptado en zonas de baja y media altura con taza aceptable. Los estudios de taza en zonas altas están en curso (Anzueto, 2014). Así mismo Bourbon, se introdujo por primera vez en América en 1860 en el sur de Brasil, cerca de Campinas. Desde allí, se extendió al norte hacia América Central, donde se descubrieron dos de sus variedades conocidas como: bourbon rojo y bourbon amarillo su porte es similar a la variedad Típica, sus cerezas son pequeñas y pesadas, maduran rápidamente siendo una variedad muy adaptable y produce granos de buena calidad, sin embargo, es necesario señalar que Bourbon es un material genético susceptible a la Roya (Saldíva, 2018).

CONCLUSIONES

La aplicación de fertilizantes químicos y orgánicos en etapa de crecimiento, no inciden sobre las variables morfológicas. Sin embargo, las variedades Sarchimor 4260 y Bourbón rojo tuvieron un mejor comportamiento en las características Altura de planta y diámetro de tallo. No se detectaron diferencias significativas entre las alternativas de fertilización edáfica a base de Yeso + urea y humus + urea. Se evidenció interacción entre genotipos x fertilización edáfica en la variable número de hojas.

A nivel fenotípico, las variables cualitativas estudiadas en las variedades Sarchimor 4260, bourbon rojo, bourbon amarillo y el Catuai, no presentaron diferencias estadísticas a la aplicación de fertilizantes edáficos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), Ecuador por el apoyo y financiamiento para realizar la presente investigación, la cual es parte del proyecto de investigación “Desarrollo de estrategias de incremento productivo de café arábigo Fase I”.

DESCARGOS DE RESPONSABILIDAD

Los autores de la publicación realizaron aportes significativos al documento, están de acuerdo con su publicación y manifiestan que no existen conflictos de interés en este estudio.

LITERATURA CITADA

Álvarez, A., Chilan, S. S., Figueroa, M. L., Saltos, V., Marcillo, M. M., y Caicedo, C. R. 2017. Gestión de las Pymes para mejorar la comercialización en cultivos de café. Área de innovación y desarrollo, S.L.

Anzueto, F. 2014. Guía de variedades de café. ANACAFÉ. Guatemala. p, 42.

Armijos, E. 2020. Análisis de la relación genotipo ambiente con seis variedades de café (*Coffea spp*..)

en la granja experimental Santa Inés. Tesis de grado. Universidad Técnica de Machala, Carrera de Ingeniería Agropecuaría. Machala: Facultad de ciencias agropecuarias.

Astudillo, B. 2021. Identificación del comportamiento morfológico de cinco cultivares de café arábigo en la finca Andil de la UNESUM. Tesis de Grado. Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ingeniería Agropecuaría. Jipijapa: Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura. Obtenido de http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3211/1/BRUNO%20ASTUDILLO-TESIS-%~~20Revisi~~%C3%B3n%20Dra.%20Moran.pdf

Ayón, F., Holguín, G., Valverde, A., García, J. y Gabriel J. 2023. Efecto de la fertilización en el crecimiento y el control de enfermedades en el híbrido de café Sarchimor 4260 (*Coffee arabica* L.). Journal of the Selva Andina Biosphere, 11(1):22-32.

Carvalho, A., A. Mendes, G. Carvalho, C. Botelho, F. Gonçalves, y A. Ferreira. 2010. Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil

Gómez, S. 2019. Guía de fertilización del café. 9 ideas para mejorar productividad y sostenibilidad de costes. Obtenido de quecafe.info: https://quecafe.info/guia-fertlizacion-cafe-intensificacion-sostenible/

González, H., Sadeghian, S., & Jaramillo, A. 2014. Épocas recomendables para la fertilización de cafetales. Revista técnica CENICAFÉ, p12.

Holguín, G. K. 2019. Comportamiento morfológico del café (*Coffea arábica* L.) sarchimor 4260 en etapa de crecimiento con fertilizantes químicos y orgánicos. Universidad Estatal del Sur de Manabí, Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura. Jipijapa: Carrera Agropecuaria.

Juárez, A., Debernardi, H., Quevedo, A., Malagón, A., Morales, V. 2018. Características físicas del fruto de café. Agroproductividad: 11(3): 115-120.

Jiménez, E. 2014. Café I (G. Coffea). Reduca (Biología), 12, 20.

Julca, A., Alarcón, G., Alvarado, L., Borjas, R., & Castro, V. 2018. Comportamiento de tres cultivares de café (Catimor, Colombia y Costa Rica 95) en el valle del perené, Junín, Perú. Chilean journal of agricultural & animal sciences, 3(34).

León, M. F. 2021. Respuesta productiva del café arábigo Sarchimor 4260 (*Coffea arabiga* L) a diferentes fuentes de fertilización. Tesis de Grado. Universidad Estatal del Sur de Manabí, Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura. Jipijapa - Manabí - Ecuador: Carrera Agropecuaria.

Monteros, A. 2016. Rendimientos de café grano seco en el Ecuador 2016. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Quito - Ecuador: Dirección de Análisis y Procesamiento de la Información. Coordinación General del Sistema de Información Nacional. Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Mosquera, A. T., Melo, M. M., Quiroga, C. G., Avendaño, D. M., Barahona, M., Galindo, F. D., Sosa, D. 2015. Evaluación de fertilización orgánica en cafeto (*Coffea arabica*) con pequeños productores de Santander, Colombia.

Restrepo, F. 2015. Tendencias modernas en la fertilización eficiente del cafeto para la producción de cafés especiales. Suelos Ecuatoriales, 45(2):84-93.

Rikolto. (s.f.). Café ecuatoriano, aromatizando la economía nacional. Rikolto Latinoamérica. https://latinoamerica.rikolto.org/es/project/cafe-ecuatoriano-aromatizando-la-economia-nacional

Rojo, E. 2014. Café I (*G. Coffea*). Reduca (Biología). Serie Botánica, 7 (2): 113-132.

Ortega, J. 2003. Análisis Sectorial del Café. Apunte de Economía Dirección General de Estudios.

Pilatasig, M. F. 2017. "Respuesta agronómica de plantas de café arábica (*Coffea arabica*) a la aplicación de abonos edáficos y foliares". Tesis de grado. Universidad Técnica de Cotopaxi, Carrera Ingeniería agronómica. La Mana: Facultad de Ciencias agropecuarias y recursos naturales. http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4614/1/PIM-000046.pdf

Ponce, L. Orellana, K. Acuña, I. Alfonso, J. y Fuentes, T. 2018. Situación de la caficultura ecuatoriana: perspectivas. Revista Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina , 6(1):307-325.

Sadeghian, S. y González-Osorio, H. 2012. Alternativas generales de fertilización para cafetales en la etapa de producción. Avances Técnicos Cenicafé, 424:1-8. https://doi.org/10.38141/10779/0424

Saldíva, P. 2018. El cultivo de café (*Coffea arábica* L) y Coffea canephora Pierre ex Froehner. Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ciencias Agrícolas. El cerrillo: Campus Universitario.

Vanegas, F. 2019. Producción de café en Manabí - Ecuador sigue en crecimiento. Recuperado el 8 de octubre de 2021.

Velásquez, R. 2016. Guía de variedades de café Guatemala. Asociación Nacional del Café, ANACAFÉ, 48. Obtenido de https://www.anacafe.org/uploads/file/9a4f9434577a433aad6c123d321e25f9/Gu%C3%ADa-de-variedades-Anacaf%C3%A9.pdf

REVISTA ESPAMCIENCIA para el agro

COMPORTAMIENTO DE LA VARIEDAD DE CAFÉ ACAWA CON APLICACIÓN DE FERTILIZANTES EDÁFICOS EN VIVERO

BEHAVIOR OF THE ACAWA COFFEE VARIETY WITH THE APPLICATION OF SOIL FERTILIZERS IN NURSERY

Juan García Cabrera[1], Carlos Castro Piguave[1], Tomas Fuentes Figueroa[1], Máximo Vera Tumbaco[1], Jhosselyn Posligua Lucas[2]

[1]Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM). Km 1 ½ vía Jipijapa - Noboa campus "Los Ángeles". Jipijapa, Manabí, Ecuador.

[2]Ingeniero Agropecuario. Graduado, Manabí, Ecuador.

Email: juan.cabrerao@unesum.edu.ec

Información del artículo

Tipo de artículo: Artículo original

Recibido: 05/07/2024

Aceptado: 13/11/2024

Licencia: CC BY-NC-SA 4.0

Revista ESPAMCIENCIA 15(E):9-15

DOI: https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v15iE.516

Resumen

La investigación comportamiento de la variedad de café arábigo (*Coffea arabica)* Var. Acawa con aplicación de fertilizantes edáficos en etapa de vivero tuvo como objetivos analizar el comportamiento del cultivar de café arábigo Var. Acawa e identificar el mejor fertilizante edáfico que favorece el desarrollo morfológico de las plántulas de café. En la metodología se aplicó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones; las variables evaluadas fueron altura de planta, número de hojas por planta, largo y ancho de hoja, longitud de peciolo y raíz. Los resultados indican que la mayor altura de planta se presentó en tratamiento Yaramila Compex y Yara Rafos, superando al testigo con 14,41 % y 11,96 % en su orden. Sin presentar diferencia estadística la mayor longitud de hoja se presentó en Yara Rafos con 6,75 cm; el mayor diámetro de hojas se presentó donde se aplicó Yaramila Complex con 9,50 cm y Yara Rafos con 9,30 cm; la mayor longitud de peciolo fue donde se aplicó Yaramila Complex con 10,48 cm y Yara Rafos con 10,83 cm en su orden y la mayor longitud de raíz sin presentar diferencia estadística se presentó en Yara Rafos con 14,98 cm superando al testigo en 7,67%. El fertilizante que incidió en el desarrollo morfológico de plántulas de café Acawa fue Yaramila Complex seguido de Yara Rafos, superando al testigo en todas las características evaluadas. Se concluye que la mejor alternativa de fertilizante aplicado en viveros de café Acawa es Yaramila Compex y Yara Rafos.

Palabras clave: Calidad de plántulas, fertilizante edáfico, desarrollo vegetativo, nuevas variedades.

Abstract

The research on the behavior of the Arabica coffee variety (*Coffea arabica*) Var. Acawa with the application of soil fertilizers during the nursery stage aimed to analyze the behavior of the Arabica coffee cultivar Var. Acawa and to identify the best soil fertilizer that enhances the morphological development of coffee seedlings. An experimental design of randomized complete blocks with four repetitions was applied in the methodology. The evaluated variables were plant height, number of leaves per plant, leaf length and width, petiole length, and root length. The results indicate that the greatest plant height was observed in the Yaramila Complex and Yara Rafos treatments, surpassing the control by 14.41% and 11.96%, respectively. Although no statistical differences were found, the greatest leaf length was recorded in Yara Rafos with 6.75 cm; the largest leaf diameter was observed where Yaramila Complex (9.50 cm) and Yara Rafos (9.30 cm) were applied; the longest petiole length was recorded in Yaramila Complex (10.48 cm) and Yara Rafos (10.83 cm), and the greatest root length, with no statistical difference, was seen in Yara Rafos at 14.98 cm, surpassing the control by 7.67%. The fertilizer that had the most impact on the morphological development of Acawa coffee seedlings was Yaramila Complex, followed by Yara Rafos, outperforming the control in all evaluated characteristics. It is concluded that the best fertilizer alternatives for Acawa coffee nurseries are Yaramila Complex and Yara Rafos.

Key words: Seedling quality, soil fertilizer, vegetative development, new varieties.

INTRODUCCIÓN

Coffea arabica, es la especie más cultivada en el mundo y aporta aproximadamente el 60% de la producción mundial de café, produce bebida de buena calidad (ANACAFE, 2019). Dentro de las especies del género Coffea, solamente la especie arábica es autógama, es decir que la flores de estas tienen la capacidad de autopolinizarse, pero siempre podría suceder un máximo del 9% de polinización cruzada o sea la intervención del polen de flores de otras plantas (ANACAFE, 2019).

Al ser el cafeto una planta con autógama, su propagación se hace principalmente por semilla, por tal motivo, el éxito de la futura plantación se asegura cuando se cuenta con materiales de pureza genética que garantice calidad, por esa razón se debe disponer de una semilla que provea seguridad en la inversión, que tenga la mejor calidad física y fitosanitaria posible, para que cada una exprese su mayor potencial productivo. El productor debe considerar la sanidad vegetal, con plántulas sanas y vigorosas que alcanzan su máximo potencial de producción con una mínima tasa de mortalidad de las plántulas sembradas. Se deben seleccionar las técnicas adecuadas para la producción de semillas y para el manejo de viveros con buenas prácticas agrícolas en cada etapa (MOCCA, 2021).

Ecuador tiene una larga historia de cultivo de café, que comenzó con la introducción del café al país en el siglo XIX. Actualmente existen en el país 16 provincias productoras de café arábica, siendo las más grandes en área plantada Manabí, Loja, Zamora Chinchipe y El Oro, y 11 provincias donde se cultiva café Robusta, las provincias de Orellana y Sucumbíos son las más representativas en cuanto a superficie plantada (García *et al.* 2020).

La variedad Acawa, es originaria del cruce Mundo Novo IAC 388-17 y Sarchimor IAC 1668, de alta resistencia a la sequía y a la roya, tolerante a los nematodos; bebida de buena calidad y ciclo de madurez tardío (MAG, 2022). La variedad de café Acawa es resistente a la roya y tiene una vida útil de 40 años, dependiendo de su manejo agromorfológico, tiene una producción alta y a los 3 años ya tiene estabilizada su nivel de producción por hectárea (Jijón, 2018). Plantaciones de café fueron sembradas en fincas de productores generando en total 18 000 hectáreas en 18 de los 22 cantones de Manabí, y más de 9000 familias quedaron inmersas en este exitoso proyecto de reactivación cafetalera (Jijón, 2018).

La variedad de café Acawa es resistente a la roya y tiene una vida útil de 40 años, la cual ya es superior a los promedios de producción en su tercer año de vida (Jijón Ochoa, 2018).

La producción de café en la provincia de Manabí se concentra principalmente en los cantones Jipijapa, Portoviejo, Olmedo, 24 de Mayo, Paján y Santa Ana, aunque existen pequeños cultivos a lo largo de casi toda la provincia. En Jipijapa encontramos el cultivo de café en todas las parroquias rurales, siendo las de mayor producción La América, El Anegado, La Unión y Pedro Pablo Gómez, existiendo aproximadamente 10 mil hectáreas cultivables (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2022).

Actualmente se reportan problemas en la calidad de las plántulas de cafeto (*Coffea arabica* L.) que se obtienen en viveros, factor determinante en el logro de plantaciones futuras altamente productivas. Aumentar los niveles de producción de café constituye una necesidad económica y su trabajo en áreas fuera de las montañas, es hoy día, un proyecto importante para el fomento de esta especie y el desarrollo local de muchos municipios del país (Díaz *et al.*, 2023).

Para la producción de plantas sanas y vigorosas en el vivero se debe realizar un buen manejo que incluya disponibilidad de humedad y de nutrimentos en el substrato, y control de arvenses, plagas y enfermedades. La siembra de una buena planta contribuye con la mejora de la productividad y producción de café en la finca (IICA, 2019).

Fertilizar es mantener o aumentar los contenidos de materia orgánica y nutrientes en el suelo para que las deficiencias (o excesos), debido a la naturaleza del material parental, al clima y al uso y manejo se corrijan, de acuerdo con las exigencias de los cultivos y la potencialidad de la productividad del sitio (Rodas, 2021). Los fertilizantes son sustancias orgánicas o inorgánicas que aportan uno o más nutrientes, elementos necesarios para el desarrollo normal de las plantas. La aplicación de fertilizantes, tanto en formas químicas como biológicas o provenientes de residuos animales o vegetales, mejora la fertilidad de los suelos y la productividad de las plantas (Grasso y Díaz, 2020).

La germinación de las semillas se realiza en recipientes de plástico para aumentar la temperatura y el enraizamiento de las plantas mediante propagación vegetativa y se realiza directamente en las bolsas (Novoa, 2021). Para la producción de 5000 plantones de café se requiere de un área de 8 x 12m (96 m^2), se recomienda utilizar materiales de la zona (INIA, 2022). En nuestro medio se utilizan fundas plásticas negras perforadas de 6 x 8'' y se requiere 1 m^2 por cada 100 plántulas en vivero.

La etapa de plántula comienza cuando los dos cotiledones de Chapola están completamente desarrollados. El semillero debe estar en un lugar con sombra y adecuado a las condiciones climáticas (la lluvia genera más humedad y requiere menos sombra) (Cenicafé, 2021).

La investigación se efectuó porque es necesario contar con materiales de siembra de café resistentes a la roya y de excelente calidad genética, adaptadas al medio ambiente de la zona sur de Manabí y llevar plantas a fincas de agricultores de alta pureza genética, bien fertilizadas y que esto garantiza un buen desarrollo en finca de productores cafetaleros. Los objetivos planteados fueron: identificar el desarrollo agronómico de plantas de café arábigo (*Coffea arabica*) var. Acawa con aplicación de fertilizantes edáfico en etapa de vivero y analizar el comportamiento morfológico del cultivar de café arábigo (Coffea arabica) var. Acawa con aplicación de fertilizantes edáficos en etapa de vivero.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en la Finca Experimental de Andil de la Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), que se encuentra ubicado en el recinto Andil entre las coordenadas 17M: 0551606 y UTM: 9851015 a 385 m.s.n.m.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar (se utilizó este diseño para bloquear la intensidad solar) con cuatro repeticiones, los tratamientos evaluados a partir de los fertilizantes fueron: Nitrato de Calcio + Fossil; Elixer 16-16-16 + Fossil; Yaramila Complex + Fossil; Yara Rafos + Fossil; Agua como Testigo.

El *nitrato de calcio* (15,5 + 0 + 0 + 27% CaO) es un fertilizante nitrogenado de acción más rápida, utilizado en agricultura para riego, apto para todos los cultivos y que da buenos resultados en suelos pesados, compatible con fertilizantes simples en el momento de la aplicación (Quimasa Manuchar, 2020).

ELIXIR (16-16-16 + 10S) es un NPK +S, es un fertilizante mineral complejo altamente hidrosoluble caracterizado por una elevada solubilidad del fósforo en agua, superior al 90% (AGROSA, 2022).

YaraMila COMPLEX (12-7-18 + 2,7% Mg + 8% S+ 0,015% B + 0,2% Fe + 0,02 Mn + 0,02% Zn) es un fertilizante químico complejo especial en forma de gránulos para fitoplancton, fácil de usar, su micro y macronutrientes aportan a las plantas una nutrición completa y equilibrada (Yarecuador Cia. Ltda., 2020; Yarecuador Cia. Ltda., 2022).

YaraMila Rafos (12 – 24 – 12 + 2% MgO + 1% S + 0,04% B + 0,02% Zn) es un fertilizante granulado con alto contenido en fósforo, especialmente necesario en las primeras fases del cultivo para favorecer el desarrollo radicular y el crecimiento de las plantas. También aporta nitrógeno, potasio, magnesio, azufre, boro y zinc en proporciones óptimas para su crecimiento desde las primeras fases de cultivo (Yarecuador Cia. Ltda., 2022). Yaramila Rafos es un fertilizante granulado con un alto contenido de fósforo, necesario especialmente en etapas tempranas del cultivo (Agrizon, 2022).

Fossil es un fertilizante microparticulado (1 a 10 micras) compuesto esencialmente por óxido de silicio que contribuye a la formación de la estructura del suelo, mejorando la capacidad de retención de humedad, permitiendo optimizar el recurso N, P, K (GWM, 2022). FOSSIL SHELL AGRO® fertilizante mineral micropulverizado, 100% natural para toda clase de cultivos, contiene fósiles de microalgas de aguas dulces con un alto nivel de pureza (Mundo Verde, 2022).

Días *et al*. (2021) indican que la preparación del sustrato para el vivero de café se desarrolla manualmente, se mezcla de forma homogénea el suelo con la materia orgánica bien descompuesta proveniente del estiércol vacuno, material comúnmente usado en la producción de plántulas de cafeto, y el fertilizante mineral, según los tratamientos. El llenado de las fundas negras se realiza según las normas técnicas establecidas.

La investigación se inició cuando se efectuó el trasplante a las fundas de las plántulas de café, una vez realizada la actividad se contabilizó 15 días después del trasplante para efectuar la toma de datos.

Inicialmente se efectuó una selección de plantas en semillero, para posteriormente ubicarlas en las fundas, donde se las sembró en las fundas que estaban llenas con el sustrato indicado, se procedió a sacar el aire que se quedan en las raíces y el sustrato, y de esta manera evitar pérdidas de plántulas de café; esto es corroborado por (Lagos *et al.* 2019), quien indica que se debe ajustar el suelo de modo que las raíces hagan contacto y se eliminen las cámaras de aire, lo que se logra ahoyando con un palo se introduce en el centro del sustrato contenido en la bolsa, se coloca la plántula con la raíz recta y se presiona hacia el centro para que la chapola quede afianzada en el sustrato sin doblar las raíces.

Se realizaron cuatro evaluaciones durante un periodo de tiempo de 60 días, con una frecuencia de cada 15 días (15, 30, 45 y 60 días después del trasplante DDT). Para efectos de la presentación de los resultados se tomó en consideración solo la cuarta evaluación es decir 60 días después del trasplante (DDT). La aplicación de los fertilizantes fue a los 15 y 45 días después de la evaluación

Análisis del comportamiento morfológico del cultivar de café arábigo var. Acawa.

Se evaluaron las variables altura de planta (cm), dato que se obtuvo con la ayuda de una regla graduada y se consideraron cinco plantas al azar escogidas dentro de la parcela útil; de igual forma se contabilizó el número de hojas por planta (Nº) en cinco plantas tomadas al azar dentro de la parcela útil por cada tratamiento.

Identificación del mejor fertilizante edáfico que incide favorablemente en el desarrollo morfológico de las plantas de café arábigo

Para el cumplimiento de esta actividad se consideró evaluar el largo de hoja (cm), donde se tomó este dato con la ayuda de una regla graduada en dos hojas escogidas de la parte intermedia de cinco plantas escogidas al azar, obtenidas de la parcela útil por unidad experimental; también se determinó el ancho de hoja (cm) con la ayuda de una regla graduada en dos hojas escogidas de la parte intermedia de cinco plantas, escogidas al azar obtenidas de la parcela útil por unidad experimental. De igual forma se evaluó la longitud de peciolo (cm) empleando una regla graduada tomando el dato en dos hojas escogidas de la parte intermedia de cinco plantas, escogidas al azar obtenidas de la parcela útil por unidad experimental. Y finalmente se consideró la longitud de raíz (cm) con la ayuda de una regla graduada, escogiendo cinco plantas por tratamiento dentro de la parcela útil de cada unidad experimental del ensayo.

Inicialmente se efectuó un análisis de normalidad de los datos obtenidos, donde los valores de asimetría y kurtosis, se encontraron entre los rangos permitidos para este tipo de investigaciones, por lo que se procede a efectuar el análisis de varianza correspondiente con la ayuda del software Infostat versión libre.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El mejor comportamiento morfológico del café se obtuvo en la variedad Acawa, donde este presentó la mayor altura de planta en donde se realizó el usó Yaramila Compex y Yara Rafos superando al testigo con 14,41% y 11,96 % en su orden respectivo, utilizando 5 gramos /planta de fertilizantes. La mayor longitud de hoja se presentó donde se usó Yara Rafos con 6,75 cm; de la misma manera la mayor longitud de hoja se dio donde se aplicó el fertilizante Yaramila Complex obteniendo una longitud de 9,50 cm y Yara Rafos con 9,30 cm; así mismo la mayor longitud de peciolo se encontró donde se aplicó Yaramila Complex + Fossil con 10,48 cm y Yara Rafos + Fossil con 10,83 cm; en su orden y la mayor longitud de raíz se presentó donde se utilizó Yara Rafos con 14,98 cm, superando al testigo porcentualmente en un 7,67%.

Cuadro 1. Promedios de las características morfológicas de las plántulas de café var. Acawa, en vivero, después de 60 DDT días después del trasplante

Tratamientos	Altura de planta (cm)	Número de hojas (Nº)	Longitud de hoja (cm)	Diámetro de hoja (cm)	Longitud de pecíolo (cm)	Longitud de raíz (cm)
Nitrato de Calcio + Fossil	7,78 b	6 ab	7,35 b	3,60 a	7,88 b	13,40 a
Elixer 16-16-16 + Fossil	8,63 ab	5 b	7,35 b	4,38 a	8,25 b	12,65 a
Yaramila Complex + Fossil	10,75 a	6 ab	9,50 a	4,65 a	10,48 a	13,63 a
Yara Rafos + Fossil	10,45 a	6 a	9,30 a	4,65 a	10,83 a	14,98 a
Testigo	9,20 ab	6 ab	8,20 b	4,20 a	8,48 b	13,83 a
Tukey	7,78	1,34	1,07	ns	1,40	ns

Nota: Según la prueba Tukey 0,05, letras iguales significa que son estadísticamente iguales

Por tanto, los resultados obtenidos que indican que el uso de yaramila en dosis de 5 g por funda y plántula del vivero es la mejor opción para fertilizar café en vivero, son sostenidos por (ICAFE y CICAFE, 2020), quienes indican que una opción para el manejo de la fertilización del almácigo en bolsa para plántulas de café es el empleo de fertilizantes de liberación lenta como el Osmocote© 18-6-12 o el Basacote© 16-8-12-2; para lo cual se realiza una sola aplicación de 6 g/bolsa en forma espequeada, que dependiendo del grosor de la cubierta logra suplir las necesidades de fertilización por períodos de seis a nueve meses.

Los resultados se sustentan también en lo indicado por YaraEcuador (Yarecuador, 2022), que indica que YaraMila COMPLEX es un fertilizante Prill Químico Complejo 55 especial para aplicación edáfica, de fácil manejo. En su fabricación, el fósforo forma polyfosfatos de amonio (2/3) y de Potasio (1/3) en un 25% del total del fósforo producido, haciéndolo de rápida asimilación. Su formulación evita las pérdidas del elemento por fijación en suelos ácidos o calcáreos, el resto es de más lenta asimilación. El mejor fertilizante edáfico que incide favorablemente en el desarrollo morfológico de las plantas de café arábigo acawa fue yaramila complex seguido del yara rafos, superando al testigo en todas las características evaluadas.

El INIA (2022) indica que al primer mes de repicado el plantín de café, se debe realizar el abonamiento vía drench de fermentar 1kg de guano de isla + 200g de fosfato diamónico en 5L de agua, por un periodo de 10 -15 días, además, utilizar esta solución en 15L de agua. Al segundo mes de repicado el plantón, debe realizar el abonamiento con fosfato diamónico, a una dosis de 2 a 3g/bolsa.

Rubiela y Rodríguez (2018) indican que los resultados de investigación sobre el comportamiento de cuatro tratamientos de diferentes mezclas de fertilizantes en la etapa del cultivo (germinador o vivero) de café variedad castillo y sus influencias en el desarrollo del tallo y la raíz,

al tiempo que se tomó como referencia el método tradicional realizado por los caficultores. El tratamiento cuatro fue el de mejor comportamiento y se logró observar que el Biosol puede ser una excelente alternativa como fuente de fertilización en este periodo vegetativo del almácigo de café.

Urgiles-Gómez *et al*. (2023) han evidenciado que la aplicación de abonos orgánicos junto a biofertilizantes con base en consorcios de HMA, mejora la nutrición y el desarrollo de las plantas de café, representando una alternativa sostenible para la agricultura y silvicultura, y la conservación del suelo. Por otra parte, la aplicación de hongos del género Trichoderma constituye una alternativa que permite el control biológico de hongos patógenos en sistemas de producción agroecológica o agroforestal de café, promoviendo un alto porcentaje de germinación, crecimiento y desarrollo de plántulas, tanto en vivero como en plantaciones

Villamar (2022) indica que en su investigación realizada la mayor altura de planta y diámetro de tallo se presentó en el tratamiento YaraMila superando al testigo en 18 y 22% respectivamente y el YaraMila incide favorablemente en número de hojas, el largo de hojas, ancho de hojas, longitud de peciolo y longitud de raíz superando al testigo en 22, 18, 29, 17 y 7% en su orden respectivamente.

González (2022) menciona que el programa nutricional en viveros inicia inmediatamente después de sembrada la planta en la bolsa. Puede aplicarse fertilizante de lenta liberación (9 meses), colocando 6 gramos por planta en triángulo, cerca del tallo y a no más de 3 cm de profundidad. Si no se cuenta con fertilizante de liberación lenta, en la nutrición de las plantas se pueden utilizar fórmulas comerciales cada 21 días. Es importante realizar el acompañamiento con un programa específico de nutrición foliar.

Urbina y Tosta (2018) manifiestan que en investigación sobre efecto de dos biofertilizantes y fertilización convencional en el crecimiento de plántulas de café en la etapa de vivero; los resultados obtenidos indican que la fertilización convencional generó mayores resultados en altura de plántula, número de hojas y área foliar. Para las variables diámetro de tallo y longitud de raíz los tratamientos evaluados no tuvieron efecto ($P \leq 0,05$).

Jaulis *et al.* (2020), indican que la obtención de plantas vigorosas en vivero garantiza el desarrollo exitoso de cultivos en el campo definitivo, para ello la fertilización de plantas en vivero es uno de los pilares fundamentales en el establecimiento de cultivos que pueden permanecer por más de 15 años en campo

Quispe (2021) indica que en investigación desarrollada sobre la propagación de plántulas de café esta se caracteriza por tener bajo vigor vegetativo, donde el desarrollo del sistema radicular es limitado y realizado tradicionalmente con la aplicación de fertilizantes. Los resultados mostraron como sobresaliente al tratamiento con micorrizas en diámetro de tallo con 3,97 mm, números de hojas con 11,47 unidades, materia seca aérea con 6,88 g, nitrógeno foliar con 3,98 % y fósforo foliar con 0,32 %; mientras que el tratamiento con bacterias PGPR sobresalió en área foliar y materia seca radicular con 424,37 cm² y 0,87 g respectivamente.

La calidad fisiológica de plántulas en fase de vivero es un aspecto fundamental para garantizar la adaptación y sobrevivencia al estrés post-trasplante en campo definitivo (Cargua *et al.,* 2022). Además, dan a conocer que en investigación desarrollada para evaluar el efecto de biochar y biofertilizantes sobre el crecimiento y calidad de plantas de *Coffea arabica* cv. Sarchimor-1669 en vivero, estos concluyen que la aplicación de biochar y biofertilizante tiende a potenciar el crecimiento y calidad de plántulas de café en vivero.

Cargua *et al.* (2022) citan que el crecimiento y calidad de las plantas de café mostraron una tendencia a responder mejor al uso de biocarbón y biofertilizantes; sin embargo, este método de tratamiento es estadísticamente similar al uso de biocarbón, biofertilizante y fertilizante químico individualmente.

CONCLUSIONES

De acuerdo a lo evidenciado durante el proceso experimental, determinó que la mayor altura de planta se presentó donde se utilizó Yaramila Compex y Yara Rafos superando al testigo con 14,41% y 11,96% en su orden; el mayor número de hojas se presentó cuando se utilizó Yara Rafos + Fossil con 6 hojas por planta.

La mayor longitud de hoja se presentó donde se usó Yara Rafos con 6,75 cm; el mayor diámetro de hoja se dio donde se aplicó Yaramila Complex con 9,5 cm y Yara Rafos con 9,30 cm; de igual forma la mayor longitud de peciolo se encontró donde se aplicó Yaramila Complex + Fossil obteniendo 10,48 cm de largo y Yara Rafos + Fossil con 10,83 cm. La mayor longitud de raíz fue donde se utilizó Yara Rafos con 14,98 cm superando al testigo en un valor porcentual de 7,67%.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean dejar la constancia de su agradecimiento a la carrera Agropecuaria de la Universidad Estatal del Sur de Manabí por facilitar sus instalaciones en la Finca Andil para desarrollar la investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no poseen conflictos de intereses.

LITERATURA CITADA

Agrizon. 2022. Yaramila Rafos 50 Kg. Obtenido de Agrizon: https://www.eagrizon.com/producto/rafos-50-kg-2/

AGROSA. 2022. Fertilizantes edáficos. Obtenido de AGROSA Insumos Agrícolas: https://www.agrosa.com.ec/index.php/productos/fertilizantes-edaficos

ANACAFE (Asociación Nacional del café). 2019. Guía de variedades de café. Guatemala: ANACAFE https://www.anacafe.org/uploads/file/9a4f9434577a433aad6c123d321e25f9/Gu%C3%ADa-de-variedades-Anacaf%C3%A9.pdf

Cargua, J., Luna, A., González, H., Cedeño, G. y Cedeño, A. 2022. Crecimiento y calidad de plantas de café arábica con la aplicación de Biochar y Biofertilizantes en vivero. Chilean J. Agric. Anim. Sci., ex Agro-Ciencia, 38(1):3-14.

Cenicafé (Centro Nacional de Investigaciones de Café). 2021. Guía más agronomía, más productividad, más calidad (3a ed.). Cenicafé. Colombia: https://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras_publicaciones/publicaciones_recomendadas_2/publicaciones_guia_mas_agronomia_mas_productividad

Días, A., López, Y., Suárez, C., & Días, L. 2021. Efecto del FitoMas-E y dos proporciones de materia orgánica sobre el crecimiento de plántulas de cafeto en vivero. 48(1): 14-22.

Díaz, A., Carrillo, A., & Suárez, C. 2023. Efecto de bioproductos sobre el desarrollo de posturas de café en vivero. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Rev. Mex. Cienc. Agríc, 14(4):495-505.

García, J., Scotto, F., Cianferoni, A., Loor, A., Benalcázar, H., Lanchi, E. y López, A. 2020. Manual básico del catador de café. Vol. 1. Diferencias entre especies de café. Pichincha - Ecuador: Unión Europea UE, CEFA, Ministerio de Agricultura MAG, Cooperación Alemana GIZ.

Grasso, A. y Díaz, M. 2020. Manual de buenas prácticas de manejo de fertilización. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina: Fertilizar. https://www.fertilizar.org.ar/subida/BMPN/BPMN_Fertilizar102018.pdf

González, E. 2022. Guía técnica para la elaboración de viveros de café. Guatemala: Asociación Nacional del Café –Anacafé.

GWM Corp. S.A. 2022. FOSSIL SHELL AGRO. Fertilizante mineral. Obtenido de http://www.gvm.com.ec/fichas/FT-FER-FOSSIL.pdf

ICAFE (Instituto del café de Costa Rica). 2020. Guía Técnica para el cultivo del café. Costa Rica: ICAFE. Centro de Investigaciones en café, CICAFE.

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2019. Manual de producción sostenible de café en la República Dominicana. Santo Domingo - República Dominicana: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria). 2022. Manual del Cultivo de Café en el Vraem. Lima, Perú: INIA.

Jaulis, J., Martínez, A., Juscamaita, J., Adama, E., & Adama, J. 2020. Efecto de la aplicación combinada de abono líquido y sólido en la producción de plantines de café (Coffea arabica) cultivado bajo condiciones de vivero en Chirinos, Cajamarca, Perú. Anales Científicos. 81(2):336-346.

Jijón Ochoa, P. 2018. Resurge el café de Manabí. Obtenido de https://revistademanabi.com/2018/04/08/resurge-el-cafe-en-manabi/

Lagos, T., Criollo, H., García, J., Muñoz, J., López, J., Benavides, V. y Dulce, J. 2019. El cultivo de café (Coffea arabiga L.) en Nariño. Nariño - Colombia: Editorial Universidad de Nariño.

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2022. MAG y empresa privada reactivan al sector cafetalero en Manabí. Obtenido de https://www.agricultura.gob.ec/mag-y-empresa-privada-reactivan-al-sector-cafetalero-en-manabi/

MOCCA (Maximizando Oportunidades en Café y Cacao en las América). 2021. Semilleros y Viveros de café. Asegurando el éxito futuro de su plantación. Proyecto Maximizando Oportunidades en Café y Cacao en las Américas (MOCCA). Honduras.

Mundo Verde. 2022. Fertilizante Orgánico Fossil Shell Agro. Obtenido de https://ec.all.biz/fertilizante-organico-fossil-shell-agro-g8902

Novoa, A. 2021. Implementación de viveros comunitarios para la restauración ecológica del bosque alto andino. Organizaciones campesinas de Mongua y Gámeza, Boyacá. Colombia: SWISSAID en Colombia. Proyecto Maximizando Oportunidades en Café y Cacao en las Américas (MOCCA). Fertilizando para la productividad. Ecuador: Proyecto Maximizando Oportunidades en Café y Cacao en las Américas (MOCCA).

Quimasa Manuchar. 2020. Nitrato de Calcio. Obtenido de Quimasa Manuchar: https://agroquimasa.com/wp-content/uploads/2020/10/ft-flores-nitrato-decalcio-nitrons_compressed.pdf

Quispe, F. 2021. Biofertilización de los Hongos Micorrízicos y Bacterias PGPR en plántulas de café (*Coffea arabica* L.) Var. Catimor a nivel de vivero, en Mazamari – Satipo. Universidad Nacional del Centro de Perú.

Rodas, R. 2021. Fertilización al suelo en el cultivo de café. Honduras: ANACAFÉ Asociación Nacional del Café y Fundación de la Caficultura para el Desarrollo Rural FUNCAFÉ.

Rubiela, U., & Rodríguez, E. 2018. Evaluación del efecto de tres tratamientos de fertilización (más un testigo DAP) en el desarrollo aéreo y radicular de colinos de café variedad castillo. Revista Matices Tecnológicos. 10:32-37.

Urbina, R. y Tosta, D. 2018. Efecto de dos biofertilizantes y fertilización convencional en el crecimiento de plántulas de café en la etapa de vivero. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

Urgiles-Gómez, N., Loján, P., Ávila-Salem, M., Benavidez-Silva, C., Hurtado, L., Livisaca, F. Quichimbo, L. 2023. Microorganismos benéficos con potencial agrícola: Una alternativa sosteniblepara la producción de café y calidad del suelo. CEDAMAZ, 13(1):103–113.

Villamar, J. 2022. Incidencia de tres fertilizantes completos aplicados a plántulas en etapa de vivero de café arábigo (Coffea arábiga) Sarchimor. Obtenido de Universidad Estatal del Sur de Manabi. Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura. Carrera Agropecuaria.

Yarecuador Cia. Ltda. 2020. YaraMila™ COMPLEX™. Obtenido de https://www.yara.com.ec/siteassets/ecuador/cacao/yaramilacomplex.pdf/

Yarecuador Cia. Ltda. 2022. YaraMila COMPLEX. Obtenido de https://www.yara.com.ec/nutricionvegetal/fertilizantes/yaramila/yaramila-complex/

Yarecuador Cia. Ltda. 2022. YaraMila RAFOS 12-24-12. Obtenido de Yarecuador Cia. Ltda.: https://www.yara.com.ec/nutricionvegetal/fertilizantes/yaramila/yaramila-rafos-12-24-12/

REVISTA ESPAMCIENCIA
para el agro

EVALUACIÓN MORFOLÓGICA DE LOS HÍBRIDOS DE CAFÉ ARÁBIGA SARCHIMOR 4260, SARCHIMOR 1669 Y MANABÍ 01

MORPHOLOGICAL EVALUATION OF THE ARABICA COFFEE HYBRIDS SARCHIMOR 4260, SARCHIMOR 1669, AND MANABÍ 01

Yhony Alfredo Valverde Lucio[1], Raquel Vera Velázquez[1], Mirian Gutiérrez Solís[2], Narciso Fernando Ayón Villao[1], William Adolfo Valverde Lucio[1], Willian Paul Chilán Villafuerte[3]

[1]Universidad Estatal del Sur de Manabí UNESUM, Jipijapa, Manabí. Ecuador
[2]Ingeniera Agropecuaria independiente, Jipijapa, Manabí. Ecuador
[3]Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Calceta, Manabí Ecuador

Email: yhonny.valverde@unesum.edu.ec

Información del artículo

Tipo de artículo:
Artículo original

Recibido:
05/07/2014

Aceptado:
13/11/2024

Licencia:
CC BY-NC-SA 4.0

Revista ESPAMCIENCIA
15(E):16-22

DOI:
https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v15iE.515

Resumen

El objetivo de la investigación fue caracterizar el comportamiento morfológico de los híbridos de Sarchimor 4260, 1669 y el híbrido no liberado Manabí 01en su segundo año de desarrollo vegetativo. En el estudio se aplicaron métodos como análisis y síntesis, observación y estadísticos con un Diseño de Bloques al Azar, tomando como muestra 54 plantas de café con tres tratamientos, T1(Sarchimor 4260), T2(Sarchimor 1669) y T3(Manabí 01), cada uno con seis repeticiones. Las variables evaluadas fueron altura de Planta AP, diámetro de tallo DT, número de hojas NH, ancho de hoja AH, longitud de la hoja LH, longitud del peciolo LP, número de hojas por planta NHP, número de nudos por planta NNP y número de frutos por planta NFP y las variables cualitativas color de hoja CH, forma de hoja FH, forma de copa FC y color del cogollo CC. Los resultados demostraron que la AP del T1 fue mayor con 78,3 cm, el mayor DT con 14,41 mm, así como el mayor NH con 185,31 por planta fue el T2, NR con 27,28 por planta y el NNP con 15,39 por planta y en época de producción el mayor NFP resultó el T3 con 94,28 frutos por planta. En las variables AH, LH y LP los tratamientos resultaron estadísticamente iguales. El CC verde claro tuvo las mismas características en los dos Sarchimor y verde bronceado para el T3, la forma de hoja elíptica fue igual para todos los híbridos. En conclusión, los resultados de la evaluación morfológica de los híbridos de café estudiados muestran que el de mayor promedio de altura de planta fue el Sarchimor 4260, el 1669 logró mayores promedios en el diámetro de tallo, número de hojas, número de ramas por plantas y números de nudos por planta, resultando el más productivo el Manabí 01.

Palabras clave: caficultura, producción, híbridos, desarrollo vegetativo, morfología.

Abstract

The objective of the research was to characterize the morphological behavior of the Sarchimor 4260, 1669 hybrids and the unreleased Manabí 01 hybrid in their second year of vegetative development. Methods such as analysis and synthesis, observation, and statistical tools were applied in the study using a Randomized Block Design, with a sample of 54 coffee plants under three treatments, T1 (Sarchimor 4260), T2 (Sarchimor 1669), and T3 (Manabí 01), each with six repetitions. The evaluated variables were: Plant Height (PH), Stem Diameter (SD), Number of Leaves (NL), Leaf Width (LW), Leaf Length (LL), Petiole Length (PL), Number of Leaves per Plant (NLP), Number of Nodes per Plant (NNP), and Number of Fruits per Plant (NFP), as well as qualitative variables: Leaf Color (LC), Leaf Shape (LS), Canopy Shape (CS), and Shoot Color (SC). The results showed that T1 had the greatest PH with 78.3 cm, the largest SD with 14.41 mm, and the highest NL with 185.31 per plant was observed in T2, with 27.28 branches per plant and 15.39 nodes per plant. During the production period, T3 exhibited the highest NFP with 94.28 fruits per plant. In the LW, LL, and PL variables, the treatments were statistically identical. Light green SC was consistent in both Sarchimor hybrids, while T3 displayed a bronze-green color. The elliptical leaf shape was the same for all hybrids. In conclusion, the results of the morphological evaluation of the studied coffee hybrids indicate that Sarchimor 4260 had the highest average plant height, Sarchimor 1669 showed the highest averages in stem diameter, number of leaves, number of branches per plant, and number of nodes per plant, while Manabí 01 proved to be the most productive.

Keywords: coffee cultivation, production, hybrids, vegetative development, morphology.

INTRODUCCIÓN

En 2018 la producción total de los países exportadores de café fue 168,09 millones de sacos de 60 kg según los reportes realizados por la ICO (2020). Entre los cinco países con mayor producción, según la ICO, se encuentra Brasil con 61,7 millones de sacos, Vietnam con 29,5 millones, Colombia con casi 14 millones, Indonesia con 10,2 millones y Etiopía con 7,5 millones. León (2017) manifiesta que el café fue cultivado en Ecuador cerca del siglo XIX, según Coffee Research citado por Taye *et al.* (2011), y desde entonces se ha mantenido estable en el mercado interno como en el externo a través de la exportación, siendo considerado como primer producto agrícola del país en ser vendido al extranjero a lo largo del tiempo siendo muy significativo para la economía ecuatoriana.

Echeverri *et al.* (2005) describen al café como un arbusto que puede llegar a medir entre 2 a 12 metros de altura y llegan a los 50 años. Pertenece a la familia de las rubiáceas y al género Coffea ubicando dentro unas 70 especies, de las cuales solo 10 son aprovechadas para la producción del café. Esta se cultiva en los países tropicales cercanos a la línea del Ecuador debido a sus requerimientos edafoclimáticos.

El cultivo de café, una de las principales actividades agrícolas en Ecuador, se encuentra entre los 10 cultivos con mayor superficie, además, se producen en varias provincias del país (Ponce *et al.*, 2018), concentrada su producción en la provincia de Manabí, particularmente en el cantón Jipijapa (Venegas *et al.*, 2018).

El cultivo de café en el Ecuador tiene un papel muy importante en los aspectos socio productivos en las zonas cultivadas, siendo un producto de calidad organoléptica para la exportación, se cultiva en todo el país en mayor o menor grado y posee gran capacidad de adaptación a algunos ecosistemas de las diferentes regiones que pertenece al país, constituyendo fuentes de trabajos para las familias que se dedican a este cultivo (Venegas *et al.*, 2018).

Entre las variedades más cultivadas en la zona se encuentran los Sarchimor. Enrique y Duicela (2014) indican que el Sarchimor C-1669 y Sarchimor C-4260 son una variedad del café arábico, provienen del cruce de variedades Villa Sarchi x hibrido de Timor y fueron introducidas al Ecuador en 1985, y se caracterizan por ser arbustos de porte bajo, sus brotes son de color bronce o verde, buen vigor y alta producción, se adaptan bien en zonas de baja y media altitud y buena taza.

Valverde *et al.* (2020) mencionan que la producción de café en el Ecuador ha presentado cambios drásticos en los últimos quince años, ha tenido una caída significativa en el rendimiento del 62%, entre las principales causas de este descenso en la producción se ubican los diferentes microclimas del país y el envejecimiento de los cafetales.

El híbrido Manabí 01 es un cruce entre Catuaí y Catimor, por lo que es considerado como un Cavimor, este último producto según Amores (2004) del cruzamiento del Catuaí amarillo x híbrido Timor, por el Centro Internacional la Roya del Café (CIFC) en Portugal y fue introducido a Ecuador en 1984.

Duicela *et al.* (2018) por su parte reportan que la baja de la productividad trajo como principales consecuencias la introducción de cultivares de origen desconocido, deficiencias edáficas e hídricas, presencia de plagas y enfermedades principalmente la Roya (Hemileia vastatrix), escaza asesoría técnica y de tecnologías para el cultivo.

De acuerdo con Márquez *et al.* (2020), la relación del genotipo y ambiente (G x A) es la etapa final de un estudio, en el que los Fito mejoradores evaluarán la adaptabilidad y comportamiento de cultivares que se encuentran en diferentes zonas las cuales presentan diversos ambientes, esto según Alejos *et al.* (2006) permitirá así la introducción de la especie y el incremento en la mejora genética del genotipo cultivado.

Arrieta y Corrales (2017) mencionan que durante cinco años de evaluación observaron en Costa Rica que el Cavimor Paraíso Mg H419.1 obtiene excelentes rendimientos productivos, su porte es bajo, el color de los brotes es bronce tenue, fruto amarillo, calidad de taza muy buena y tolerancia a la roya. Mientras que el Catigua MG2 se diferencia por su fruto rojo y alargado, calidad de taza excelente y tolera además de la roya, nematodos.

El inicio de la cosecha del café dependerá de la variedad que se tenga, para la arábiga comienza entre seis a ocho meses después de haber iniciado la floración; la recolección de las cerezas debe ser cuando estas presenten un estado de madurez que les permita alcanzar un color rojizo o amarillo característico. Este proceso suele ser prolongado y requiere de minuciosidad al seleccionar solo las cerezas maduras y en buen estado (Cuchimba *et al.*, 2018).

Por todo lo antes expuesto el objetivo de la investigación es efectuar un estudio comparativo de los genotipos Sarchimor 4269, 1669 y Manabí 01 durante el segundo año de crecimiento, a fin de establecer el genotipo de mejores características morfológicas, parámetro importante por su relación con la producción, beneficiando finalmente al productor local.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en la finca experimental de Andil, de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, situada en el cantón Jipijapa Km 5 vía Novoa, limitando con los cantones Montecristi, Portoviejo y Santa Ana. Se encuentra situada a los 01° 10' y 01° 47' de latitud sur y entre los 80° 25' y 80° 52' de longitud oeste. El clima de Jipijapa es cálido seco en la zona oeste y cálido húmedo con temporadas secas en la zona este, temperatura media 24°C, precipitación promedio anual es de 670 mm según indica el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Jipijapa (PDOT, 2015).

La metodología empleada en este estudio fue experimental, apoyada en la observación, generalización y en la verificación de hipótesis inferida de principios sugerida por los datos empíricos, deduciendo lo desconocido a partir de lo conocido (Gómez y Garza., 2000), Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA), con un total de 54 plantas por tratamiento, se plantearon tres tratamientos T1 = Sarchimor 4260, T2 = Sarchimor 1669 y T3 = Manabí 01, y seis repeticiones, para un total de 18 unidades experimentales seleccionando tres plantas por unidad experimental. El muestreo probabilístico aplicado fue sistemático, garantizando el azar (Rodríguez y Pérez, 2017).

Para llevar a cabo el estudio se tomaron en cuenta variables cualitativas como: color de hoja CH, forma de hoja FH y color de cogollo CC; al igual que las variables cuantitativas de carácter morfométrico: altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas por plantas, ancho de la hoja, longitud de la hoja, longitud de peciolo, números de ramas por plantas, número de nudos por plantas y número de frutos por plantas.

El análisis de varianza según (Fisher, 1936), se empleó para comprobar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos del estudio, la prueba ANOVA resultó importante en la comparación de factores en los cuadros de diálogos ante los componentes de las variables explicativas. En el caso de algunas variables como; altura de hoja, longitud de hoja y longitud de peciolo se aplicó el análisis de varianza de medidas repetidas en el tiempo utilizando tiempo como un factor.

Las variables del tipo cualitativas fueron analizadas utilizando la prueba de Chi cuadrado (X^2) lo que permite determinar si existe variabilidad estadística entre los datos analizados (Mendivelso *et al.*, 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos obtenidos en la investigación, de las variables cuantitativas, fueron sometidos a un análisis de normalidad, determinando que los datos presentaron una distribución normal con los valores de asimetría y curtosis dentro de los rangos establecidos, justificando la aplicación de la estadística paramétrica.

Al realizar el análisis de varianza de la variable altura de planta resultó que existe diferencia altamente significativa (p-valor <0,01) entre los tratamientos, aceptando la hipótesis alternativa, en la interacción entre los tratamientos en el tiempo no hubo diferencias estadísticas para el (p-valor>0,05).

Cuadro 1. Análisis de varianza de la variable altura de planta.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	2058,61	2,00	1029,30	20,7	<0,0001 **
Repetición	5547,34	14,00	396,24	7,97	<0,0001
Tiempo	11538,64	6,00	1923,11	38,67	<0,0001
Tiempo*Tratamiento	907,5	12	75,63	1,52	0,1313 ns
Error	4475,47	90	49,73		
Total	42193,69	125			

**= Altamente significativo al P <0,01, ns= no significativo P>0,05

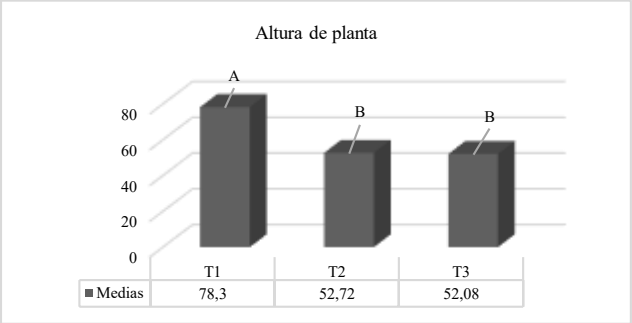

Figura 1. Comportamiento de la variable altura de planta por tratamiento.

El análisis de Tukey al 5% (Figura 1) muestra que el tratamiento de mayor altura fue el T1 Sarchimor 4260 con 78,30.

Los resultados derivados del estudio reflejan que el híbrido Sarchimor 4260 tuvo mayor altura en los meses de evaluación ante los otros híbridos con una altura de 78,30 cm, longitudes que superan los 66,74 cm de la prueba del mismo tiempo, realizada por Ponce (2023), por otra parte, Lizame (2021) obtuvo alturas de 26,50 cm en Sarchimor 4260 en etapa de vivero, aplicando humus de lombriz como sustrato, considerando el Sarchimor 4260 con resultados más alto que otros híbridos. El híbrido Sarchimor 1669 y Manabí 01

Los resultados derivados de la investigación manifiestan que el híbrido Sarchimor 4260 presentó mayor altura durante los meses de evaluación frente a los otros híbridos con una altura de 78,30 cm, medidas que superan los 66,74 cm del ensayo de la misma edad realizado por Ponce (2023) por su parte; Lizame (2021) reportó alturas de 26,50 cm en Sarchimor 4260 en etapa de vivero mediante

la aplicación de humus de lombriz como sustrato considerando al Sarchimor 4260 más alto que otros híbridos. El híbrido Sarchimor 1669 y Manabí 01 se desarrollan de manera similar en cuanto a la altura de planta.

El híbrido Sarchimor 1669 fue el tratamiento que resultó con promedios de sus características morfométricas diferente a los demás híbridos, en diámetro de tallo y número de hojas por planta evaluadas durante 7 meses de estudio, el número de ramas por planta y número de nudos por planta evaluados durante el último mes de investigación, difiriendo a lo investigado por Franco (2018) quien plantea que el Sarchimor 4260 es el que presentó mayor número de hojas y mejor expresión morfométrica que otros híbridos, este autor indica que el crecimiento vegetativo es favorecido por el uso de bioestimulantes orgánicos, reconocido por Duicela *et al.* (2018) y que además declara que el Sarchimor 4260 presenta el menor porcentaje de mortalidad que otros híbridos de café.

El híbrido Manabí 01 resultó con promedios estadísticamente diferentes a los del Sarchimor 1669 y análogos a los de Sarchimor 4260, teniendo diferencia numérica, el Manabí 01 obtuvo resultados más altos en sus variables que el Sarchimor 4260.

El análisis de varianza de la variable diámetro de tallo según cuadro 3 demostró que los tratamientos fueron estadísticamente diferentes con un p-valor<0,01 lo que indica una alta significancia, por ello se acepta la hipótesis alternativa. En el caso de la relación entre tiempo y tratamiento no existe diferencia, resultando todos iguales en el período de los seis meses de estudio, aceptando la hipótesis nula.

Cuadro 2. Análisis de varianza de la variable diámetro de tallo

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	51,1	2	25,55	28,53	<0,0001**
Repetición	81,05	14	5,79	6,47	<0,0001
Tiempo	823,78	6	137,3	153,32	<0,0001
Tiempo*Tratamiento	10,26	12	0,86	0,96	0,4971 ns
Error	80,59	90	0,9		
Total	1326,46	125			

**Altamente significativo al P <0,01, NS no significativo P>0,05

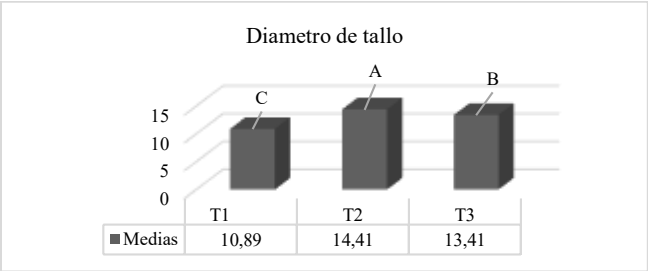

Figura 2. Comportamiento de la variable diámetro de tallo por tratamiento.

El análisis Tukey al 5% de la variable diámetro de tallo indicó que el tratamiento con promedio más alto estadísticamente fue el T2 Sarchimor (Figura 2).

En el análisis de varianza de las variables ancho de hoja, longitud de hoja y longitud del peciolo no determinó diferencia estadística en los tratamientos, con un p-valor >0,05.

El análisis de varianza de las variables número de hojas, número de ramas por planta y número de nudos por rama, determinaron diferencias estadísticas entre tratamiento p valor <0,01. En estas variables el análisis de Tukey al 5% determinó que el tratamiento de mayor comportamiento fue el T2 Sarchimor 1669.

El análisis de varianza de la variable número de frutos por plantas demostró que existe diferencia altamente significativa entre tratamientos, p-valor < 0,01. La prueba de Tukey señala al tratamiento T3 Manabí 01 como el de mejor comportamiento

Cuadro 3. Análisis de varianza de la variable número de frutos por plantas.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Repetición	6919,19	5	1383,84	1,08	0,4269
Tratamiento	24226,88	2	12113,44	9,46	0,0049 **
Error	12809,64	10	1280,96		
Total	43955,7	17			

**Altamente significativo al P <0,01

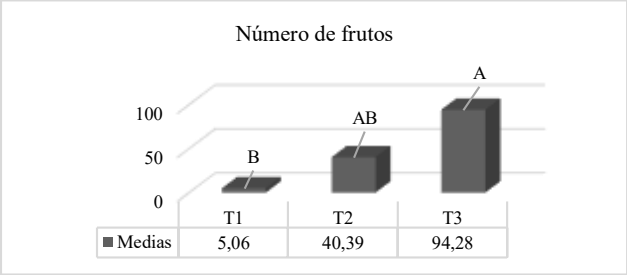

Figura 3. Comportamiento de la variable número de frutos por tratamiento.

La prueba de Tukey al 5% de la variable número de frutos (Figura 3) indicó que el tratamiento con promedio más alto estadísticamente fue el T3 y es diferente al T1, siendo el T2 similar al T1 y T3.

Los híbridos estudiados no mostraron diferencias estadísticas en el ancho de hoja, longitud de hoja y de peciolo. Por lo que los tratamientos reflejan equivalente desarrollo de las características morfométricas. De acuerdo con Milla *et al.* (2019) el desarrollo vegetativo de las plantas de café está fuertemente relacionado con la forma en la que interactúen sus componentes (asociación de especies y variedad de café), los resultados del comportamiento agronómico presentan el potencial en su crecimiento.

Manabí 01 presentó el mayor número de frutos por plantas al momento de la evaluación con un promedio de 94,28, siendo superior a los demás y diferente para el Sarchimor 4260 que presentó el promedio más bajo de esta variable con promedio de apenas 5,06 frutos.

Para el análisis de las variables cualitativas se aplicó el estadístico Chi cuadrado, su aplicación determinó que existe diferencias estadísticas para la variable color de hoja y color de cogollo y en la variable forma de hoja no se estableció diferencias estadísticas.

Cuadro 4. Comportamiento morfológico de los tratamientos

Variable	Clase	Tratamientos			Frecuencia	Total	P-Valor
		T1	T2	T3			
Color de la hoja	Verde oscuro	3	6	6	15	83%	0,027*
	Verde claro	3	0	0	3	17%	
Forma de hoja	Elíptica	6	6	6	18	100%	---
Color del cogollo	Verde claro	3	6	0	9	50%	0,000**
	Verde oscuro	3	0	0	3	17%	
	Verde bronceado	0	0	6	6	33%	

** Altamente significativa (P<0,01), * diferencia significativa (P<0,05). (---) No hay variabilidad

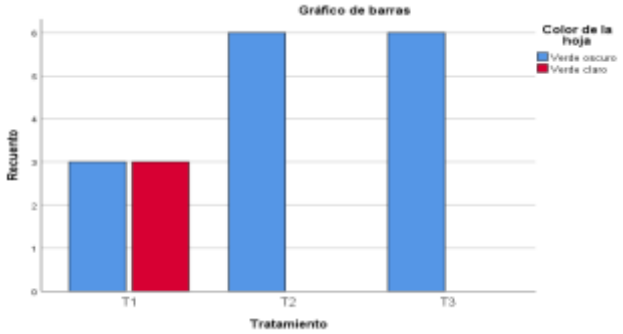

Figura 4. Comportamiento de la variable color de la hoja de los híbridos de café

Se determinó que el color predominante en las hojas de las plantas de café es el verde oscuro con un 83% especialmente en los genotipos de Sarchimor 1669 y Manabí 01, no así el Sarchimor 4260, que expresó variabilidad. Todos los híbridos en estudio presentaron la misma forma de hoja, la cual es elíptica. En lo que respecta a la variable color de cogollo, el color predominante fue el verde claro, propio de los Sarchimor, mientras que el café Manabí 01 presenta un color bronceado.

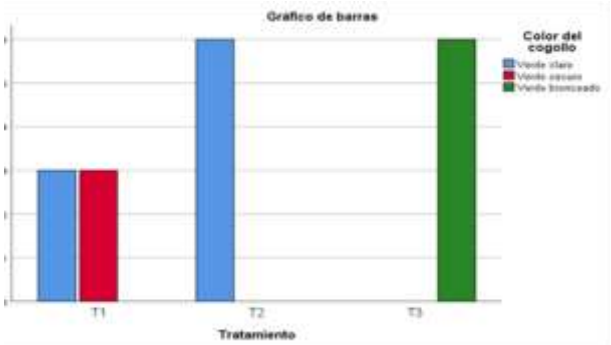

Figura 5. Comportamiento de la variable color de cogollo de los híbridos de café

Las características cualitativas de los híbridos reflejaron el color verde oscuro de la hoja con un 83% y el 17% verde claro. La forma de la hoja fue elíptica para todos los tratamientos. El cogollo en el Sarchimor 4260 y Sarchimor 1669 fue verde claro y el verde bronceado para el Manabí 01. Enríquez *et al.* (2014), manifestaron que el Sarchimor 4260 posee gran adaptabilidad, principalmente en las zonas secas de la provincia de Manabí, resiste a las condiciones climáticas y presenta una gran capacidad productiva. Sin embargo, los resultados muestran que el híbrido de mayor capacidad de producción fue el Manabí 01.

Los híbridos de café en estudio alcanzaron valores promedios de desarrollo vegetativo óptimos, teniendo sus propias particularidades entre ellos en cuanto al crecimiento vertical u horizontal, por otro lado Moreno (2018), postula que es posible incidir en el desarrollo morfológico del café, mediante la aplicación de bioestimulantes, ya que potencia la absorción de nutrientes y con ello de clorofila, Plúa-Castro (2014), coincide indicando que el aspecto más importante para el cultivo de café y del cual dependerá su potencial morfológico es la nutrición.

Los híbridos estudiados no presentaron diferencias estadísticas en las variables ancho de la hoja, longitud de hoja y longitud de peciolo. Siendo así que los tratamientos comparten similar desarrollo de estas características morfométricas. De acuerdo con Milla *et al.* (2019) el desarrollo vegetativo de las plantas de café está fuertemente relacionado con la forma en la que interactúen sus componentes (asociación de especies y variedad de café), los resultados del comportamiento agronómico presentan el potencial en su crecimiento.

CONCLUSIONES

Los resultados de la evaluación morfológica de los híbridos de café estudiados muestran que el de mayor promedio de altura de planta fue el Sarchimor 4260, el 1669 logró mayores promedios en el diámetro de tallo, número de hojas, número de ramas por plantas y números de nudos por planta, aunque tienen su segundo año de edad

al existir frutos en las plantas estos se contabilizaron, resultando el más productivo el Manabí 01.

Las características en el orden cualitativo de los híbridos de café presentaron color de hoja verde oscuro predominante entre los tratamientos. El 4260 y 1669 presentaron color verde claro en el cogollo y el Manabí 01 verde bronceado y todos presentaron forma elíptica en las hojas.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Estatal del sur de Manabí, por la confianza en la aprobación y desarrollo del experimento en la Finca de Andil, como parte del proyecto de investigación "Desarrollo de estrategias de incremento productivo de café arábigo Fase I", y al equipo de docentes y estudiantes que han sido parte del mismo.

De igual manera se hace extensivo el agradecimiento a la Empresa Solubles Instantáneos, por facilitar material vegetativo para el desarrollo del ensayo experimental.

LITERATURA CITADA

Alejos, G., Monasterio, P., & Rea, R. 2006. Análisis de la interacción genotipo ambiente para rendimiento de maíz en la región maicera del estado Yaracuy, Venezuela. Agronomía Tropical. 56(3):369-384.

Amores, F. 2004. Variedades mejoradas de café arábico una contribución para el desarrollo de la caficultura en el Ecuador. Boletín Técnico N° 113. Pichilingue: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Consejo Cafetalero Nacional (COFENAC). 29 p.

Arrieta, N., & Corrales, A. 2017. Evaluación de nuevas variedades con resistencia a la roya del cafeto en Costa Rica. XXIII Simposio Latinoamericano De Caficultura. Instituto del Café de Costa Rica, Centro de Investigaciones en Café.

Cuchimba, P. A. L., Valderrama, A. K. P., Trujillo, L. Y. M., & Manrique, A. D. 2018. Prácticas en la post cosecha del café y su influencia en las finanzas del caficultor. Crecer empresarial journal of management and development, (02):16-28.

Duicela, L., Andrade, J., Farfán, D., & Velásquez, S. 2018. Calidad organoléptica, métodos de beneficio y cultivares de café robusta (*Coffea canephora Pierre ex 44 Froehner*) en la amazonia del Ecuador. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 19(2):239-253.

Echeverri, D., Buitrago, L., Montes, F., Mejía, I., & González, M. 2005. Café para cardiólogos. Revista Colombiana de Cardiología, 11(8):357-365.

Enrique, C. G. A., & Duicela, G. L. A. 2014. Guía técnica para la producción y poscosecha del café robusta (1 ed.). Portoviejo: Consejo Cafetalero Nacional (COFENAC), Solubles Instantáneo C. A. (SICA). 259 p.

Enríquez, G., L. Duicela, y W. Chilán, 2014. Germoplasma de café Robusta In: Guía técnica para la producción y postcosecha de café Robusta. 1ra. (Ed.), COFENAC. Manta, Ecuador. pp: 27-42.

Fisher, R. 1936. Design of Experiments. British Medical Journal. 1(3923).

Franco, F. R. 2018. Respuesta de tres hibrido de café (sarchimor 16 69, Sarchimor 42 60, Catimor Cifc) a la aplicación de dos bioestimulantes orgánicos en etapa de vivero. Universidad Estatal del Sur de Manabí

Gómez D.C. & Garza, E. 2000. Método comparativo capítulo 11, México: Universidad Autónoma de México.

ICO. 2020. Informe del mercado del café. Organización Internacional del Café. 9 p.

León, S. J. 2017. Análisis de la cadena de valor del sector cafetalero de la provincia de Manabí. Ecuador: Universidad de Especialidades Espíritu Santo.

Lizame, T. 2021. Evaluación morfológica en etapa de vivero de dos híbridos de café arábigo (Coffe arábica), a la inclusión de abonos orgánicos en el sustrato. Universidad Estatal del Sur de Manabí.

Márquez, Y., Salomón, J. y Acosta, R. 2020. Análisis de la interacción genotipo ambiente en el cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.). Cultivos Tropicales, 41(1):10.

Mendivelso, F.y Rodríguez M. 2018. Diseño de investigación de corte transversal. Rev. Medica. Sanitas, 21 (3): 141-146, 2018 Tu Y-K, Green Wood DC. Modern.

Milla-Pino, M. E., Oliva-Cruz, S. M., Leiva-Espinoza, S. T., Collazos-Silva, R., Gamarra-Torres, O. A., Barrena-Gurbillón, M. Á., & Maicelo-Quintana, J. L. 2019. Características morfológicas de variedades de café cultivadas en condiciones de sombra. Acta Agronómica, 68(4):271-277.

Moreno, J. S. 2018. Aplicación de bioestimulantes en el desarrollo de plantas de café arábigo (Coffea arábiga) en etapa de vivero. Universidad Estatal del Sur de Manabí. pp 88

Ponce, H. M. 2023. Estudio de la morfometría comparativa entre dos híbridos y dos variedades de café a la fertilización ecológica durante el segundo año de crecimiento. Tesis UNESUM. Obtenido de: https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/5

780/1/Ponce%20Hern%c3%a1ndez%20Mara%20Michelle.pdf

Ponce, V. LA., Orellana, S. KD., Acuña V. IR., Alfonso A., JL, Fuentes, F. T. 2018. Situación de la caficultura ecuatoriana: perspectivas. Estudios del Desarrollo Social; 6(1):307-25.

Plúa-Castro, M. M. 2014. Reactivación de la caficultura en los Recintos San José, San Pedro y San Pablo de la comuna Sucre-Provincia de Manabí. Universidad de Guayaquil.

Rodríguez, A., & Pérez, A. 2017. Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. Revista EAN. 82:175–195.

Valverde, Y., Moreno, J., Quijije, K., Castro, A., Merchán, W., & Gabriel, J. 2020. Los bioestimulantes: Una innovación en la agricultura para el cultivo del café (Coffea arábiga L). Journal of the Selva Andina Research Society, 11(1): 18-28.

Venegas S. S., Orellana B. D., & Pérez J. P. 2018. La realidad ecuatoriana en la producción de cafe *Reci-Mundo*, 2(2): 72-91

Taye, E., Kufa, T., Netsere, A., Shimber, T., Yilma, A. Ayano, T. 2011. The contribution of coffee research for coffee seed development in Ethiopia Ethiopian Institute of Agricultural Research, Jimma Research Center, P. O. Box 192, E3 Journal of Agricultural Research and Development, 1(1):009-016

REVISTA ESPAMCIENCIA
para el agro

INTERACCIÓN ENTRE LA DENSIDAD POBLACIONAL Y FERTILIZACIÓN PARA CAFÉ ROBUSTA EN ISIDRO AYORA, GUAYAS

INTERACTION BETWEEN POPULATION DENSITY AND FERTILIZATION FOR ROBUSTA COFFEE IN ISIDRO AYORA, GUAYAS

Willian Chilán Villafuerte[1,2], Luis Duicela Guambi[1], Rubén Corral Castillo[3]

[1]Carrera de Ingeniería Agrícola, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López,
[2]Coordinador Técnico SICA – REDUCAFÉ
[3]Asesor Técnico Solubles Instantáneos C.A.

Email: wpchilan@espam.edu.ec

Información del artículo

Tipo de artículo:
Artículo original

Recibido:
05/07/2024

Aceptado:
13/11/2024

Licencia:
CC BY-NC-SA 4.0

Revista ESPAMCIENCIA
15(E):23-32

DOI:
https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v15iE.517

Resumen

El objetivo de la investigación fue evaluar la influencia de la densidad poblacional en café robusta en relación a la fertilización química y orgánica, y se desarrolló en la localidad de Isidro Ayora, provincia del Guayas con característica de zona de vida Bosque muy seco tropical en un tiempo de 48 meses. Se evaluaron cuatro densidades poblacionales (1,333; 1,666; 2,222 y 2,500 plantas por hectárea) y dos planes de fertilización (química y orgánica) El experimento se estableció con un diseño de bloques completos al azar en arreglo factorial 4 x 2 (densidades x plan fertilización), en Parcela Dividida, con 8 repeticiones. Los resultados mostraron que una densidad de 1,666 plantas por hectárea, combinada con fertilización química, fue la más eficiente en términos de producción de café, así como en las variables agronómicas y sanitarias. Además, se concluye que las densidades más altas requieren una gestión más rigurosa de los recursos y un manejo agronómico más intensivo en zonas similares a la del estudio.

Palabras clave: Densidad poblacional, café robusta, fertilización orgánica, fertilización química, productividad agrícola

Abstract

The objective of the research was to establish the influence of population density in robusta coffee in relation to chemical and organic fertilization, conducted in the locality of Isidro Ayora, Guayas Province, characterized by a tropical very dry forest life zone over a period of 48 months. The study evaluated the factors of population density (1,333; 1,666; 2,222, and 2,500 plants per hectare) and fertilization plan (chemical and organic) in robusta coffee. The experiment was set up using a Randomized Complete Block Design in a 4 x 2 factorial arrangement (densities x fertilization plan), in a Split-Plot layout, with 8 replications. The results defined that a density of 1,666 plants per hectare, combined with adequate chemical fertilization, proved to be the most efficient factors in terms of robusta coffee production, considering both agronomic and health variables. It is also indicated that the study recommends that higher densities require a more rigorous resource management and more intensive agronomic management in areas similar to the study site.

Keywords: Population density, robusta coffee, organic fertilization, chemical fertilization, agricultural productivity.

INTRODUCCIÓN

Para Ecuador, el cultivo de café (*Coffea* sp) es de gran importancia en los aspectos sociales, económicos y ambientales, donde están involucrados actores directos e indirectos que son la base para el desarrollo rural, identidad cultural y conservación del entorno donde se produce este rubro (Campos *et al.,* 2021; Duicela *et al.,* 2016). El café robusta (*Coffea canephora* Pierre) se introdujo al país en el año 1951 (Loor *et al.,* 2015), procedente del CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) de Costa Rica al INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias) Estación Pichilingue ubicada en provincia de Los Ríos (Duicela, 2021). De aquí se distribuye a todo el país en especial a las provincias orientales del país.

La productividad del cultivo de café en Ecuador enfrenta desafíos significativos, como bajos rendimientos debido a diversos factores, incluyendo el uso de material genético desconocido, manejo inadecuado del cultivo, problemas sanitarios y la limitada aplicación de fertilizantes. Además, estudios previos, como el de Arguello *et al.* (2017), destacan que las plantaciones envejecidas y la falta de asistencia técnica a los productores afectan negativamente la productividad de las fincas. En este contexto, la investigación busca analizar la influencia de la densidad poblacional y los planes de fertilización (química y orgánica) sobre la productividad del café robusta en la localidad de Isidro Ayora, provincia del Guayas, durante 48 meses. Se evaluaron diferentes densidades (1333, 1666, 2222 y 2500 plantas por hectárea) y planes de fertilización, utilizando un Diseño de Bloques Completos al Azar con arreglo factorial 4x2 y 8 repeticiones. Los resultados indican que la densidad de 1666 plantas por hectárea, junto con fertilización química, fue la más eficiente en términos de productividad, variables agronómicas y sanitarias.

El manejo sostenible del cultivo de café implica una gestión tecnológica planificada e implementada por los caficultores, donde se aprovecha racionalmente y eficientemente los recursos que rodean al cultivo, con el objetivo de optimizar su producción y mejorar la calidad de sus procesos.

El manejo técnico adecuado de los sistemas de producción, especialmente en la caficultura, constituye un componente clave de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la etapa de producción primaria o precosecha. Estas prácticas incluyen la selección de un agroecosistema apto para el café, el uso de material genético adaptado, la crianza de plantas en vivero, el establecimiento de cafetales, la optimización de la fertilidad, el riego, la asociación de cultivos, la poda, el manejo de arvenses, la rehabilitación de cafetos (recepa), el control integrado de plagas y enfermedades, la regulación de sombra, y las prácticas de cosecha y postcosecha (Duicela, 2011; Lopes *et al.,* 2023). Implementar estas prácticas mejora la eficiencia económica de la finca y favorece una producción sostenible de café, al mismo tiempo que promueve la armonía con el medio ambiente. Según Duque *et al.* (2021), la aplicación de BPA contribuye a la rentabilidad de las fincas, optimizando la producción y asegurando la sostenibilidad del cultivo.

Al número de cafetos por unidad de área se los define como densidad poblacional, esta variable tiene un significativo efecto sobre la producción del cultivo y está relacionada con los efectos que produce en la planta la competencia de otras plantas de la misma o de otra especie, y además, con una mayor o menor eficiencia de captación de la radiación solar (Arcila, 2011).

Los factores que determinan la densidad de siembra óptima en un cultivo dependen de las características agronómicas de las plantas, como la altura, el diámetro de la copa, el número y la longitud de las ramas plagiotrópicas y ortotrópicas, la cantidad de nudos y la distancia entre entrenudos (Verdin, 2011). Uno de los principales aportes de las técnicas agronómicas orientadas a la productividad en cafetos es la cantidad de plantas por hectárea (Duque *et al.,* 2021). Cada zona cafetalera presenta condiciones ambientales específicas, como tipo de suelo y clima, que determinan tanto el potencial productivo como la densidad de siembra óptima, con el objetivo de maximizar la eficiencia en el uso de los recursos disponibles en cada localidad (Arcila, 2011). Además, el café robusta se caracteriza por su amplia adaptación a zonas agrícolas de menor altitud, generalmente por debajo de los 700 msnm (Morales y Campos, 2023).

Diversos estudios han demostrado que, hasta cierto límite, la productividad del café aumenta significativamente con el incremento de la densidad poblacional. Muñoz *et al.* (2023) y Duque (2004) identificaron, a través de diversas variables agronómicas y productivas, que la densidad poblacional mostró una alta elasticidad parcial en la productividad. Estos estudios señalaron que los mayores incrementos en la productividad por hectárea dependían principalmente de las variaciones en la cantidad de plantas por unidad de superficie.

Entre las prácticas importantes para el manejo de los cafetales es la fertilización, que corrige las deficiencias nutricionales de las plantas, mantiene los niveles óptimos y equilibrados de los nutrientes para una eficiente producción, incrementa la resistencia de las plantas a condiciones de estrés y problemas fitosanitarios, mejora la calidad de las cosechas, y sostiene la fertilidad del suelo en niveles adecuados.

Las plantas de café mantienen un equilibrio en los procesos de intercambio de energía y materia con su entorno, conocido como "nutrición". Para un óptimo funcionamiento fisiológico, los cafetos requieren diversos nutrientes, entre los que se incluyen los elementos químicos del suelo, el agua, el oxígeno, el dióxido de carbono y la energía luminosa del sol. En el interior de las células, ocurren reacciones químicas que transforman la energía solar y los nutrientes en compuestos químicos complejos, los cuales se almacenan en las raíces, tallos, ramas, hojas, flores y frutos. Este conjunto de reacciones se conoce como metabolismo. En consecuencia, se puede afirmar que una nutrición eficiente depende de la interacción de varios factores, incluyendo los ambientales, genéticos y de manejo.

La fertilización consiste en la aplicación de abonos orgánicos y/o químicos, con el objetivo de nutrir a las plantas, supliendo las deficiencias de macro y micro elementos y asegurar una alta productividad (Bedoya y Salazar, 2014). Se indica que productos de tipo orgánico o inorgánico, sintético o natural, que suministra a las plantas uno o más de los elementos nutricionales necesarios para su crecimiento y producción se le denomina fertilizante. Un buen manejo de cafetales implica la implementación de un programa de fertilización, el cual proporcione cantidades adecuadas de los macros y micro nutrientes necesarios para el normal desarrollo y alta productividad de los cafetos.

La necesidad de fomentar la producción de café robusta en el litoral ecuatoriano es la principal justificación del presente estudio. Se requiere disponer de tecnologías apropiadas para innovar los procesos productivos y obtener elevados rendimientos controlando aspectos como densidad poblacional y gestión de la fertilidad. Con estos antecedentes se plantea el siguiente objetivo de establecer la influencia de la densidad poblacional en café robusta en relación a la fertilización química y orgánica en el trópico ecuatoriano.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se ejecutó en Hacienda Denise (propiedad de Empresa Dublinsa S.A.), que se encuentra localizada en la comunidad de Las Mercedes, cantón Isidro Ayora, provincia del Guayas. Su ubicación geográfica es: 01°57´59” de Latitud Sur y 80°07´42” de Longitud Oeste; con 40 msnm, temperatura media de 24 a 32ºC y con un promedio de lluvias de 800 mm al año. El experimento se ejecutó entre septiembre/2007 y agosto/2011; es decir, 48 meses de evaluación. Para el manejo del experimento se aplicó un manejo con Buenas Prácticas Agrícolas.

Factores y niveles en estudio

Para el estudio se manejaron los siguientes factores y niveles:

Factor A: Densidad poblacional

D1= 3,0 x 2,5 metros equivalente a 1333 plantas por hectárea
D2= 3,0 x 2,0 metros equivalente a 1666 plantas por hectárea
D3= 3,0 x 1,5 metros equivalente a 2222 plantas por hectárea
D4= 2,0 x 2,0 metros equivalente a 2500 plantas por hectárea

Factor B: Fertilización

F1= Fertilización química
F2= Fertilización orgánica

Tratamientos

Los tratamientos evaluados resultaron de combinar los factores y niveles, los mismos que se detallan en el caudro 1.

Cuadro 1. Tratamientos en ensayo sobre densidad poblacional y dos tipos de fertilización en plantaciones de café robusta

Nº	Densidad	Fertilización	Densidad (plantas ha^{-1})	Fertilización
1	D1	F1	1.333	Química
2	D1	F2	1.333	Orgánica
3	D2	F1	1.666	Química
4	D2	F2	1.666	Orgánica
5	D3	F1	2.222	Química
6	D3	F2	2.222	Orgánica
7	D4	F1	2.500	Química
8	D4	F2	2.500	Orgánica

Diseño experimental

El estudio se manejó con un diseño de bloques completos al Azar bajo arreglo factorial 4 x 2 (densidades x programas de fertilización), en Parcela Dividida, con 8 repeticiones. El esquema de varianza se expone en el cuadro 2.

Cuadro 2. Esquema del ANOVA en el estudio de densidad poblacional y fertilización en café robusta.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	
Repetición (r)	r - 1	7
Densidad (D)	D - 1	3
Parcelas grandes	rD-1	31
Error A	(rD-1)-(r-1)-(D-1)	21
Fertilización (F)	F - 1	1
Interacción D x F	(D-1) (F-1)	3
Error B	(rDF-1)-(F-1)-(D-1)(F-1)-(rD-1)	28
Total	rDF-1	63

Unidad experimental

El experimento estuvo conformado por 64 unidades experimentales. Cada unidad experimental se conformó con 24 cafetos, distribuidas en cuatro hileras de seis plantas cada una. Las plantas evaluadas (plantas útiles) fue de 8 para cada tratamiento y que estaban ubicadas en la parte central de la parcela.

Análisis estadístico

Se realizó el ANOVA para todas las variables productivas, agronómicas y sanitarias. Para comparar las medias se efectuó la prueba de Duncan 0,05 de probabilidad. Además, se realizaron histogramas para los efectos parciales y la interacción de los factores en estudio.

Toma de datos y métodos de evaluación

En el experimento sobre densidad poblacional y fertilización en café robusta, se registraron datos de diversas variables agronómicas, sanitarias y productivas.

Variables agronómicas

El registro de las variables agronómicas se realizó cada seis meses después de establecido el lote.

Altura de planta.- Se registró su valor a nivel del suelo hasta el brote terminal del tallo principal y los valores se expresaron en centímetros.

Diámetro del tallo.- Con un calibrador Vernier, se evaluó a 20 cm a del nivel del suelo el diámetro tallo. Sus datos se registraron en centímetros.

Diámetro de copa.- Con ayuda de una regla, se registró la medida de la rama bajera de mayor longitud en el cafeto (centímetros).

Número de ramas/tallo.- Mediante conteo se registró el número de ramas en cada cafeto.

Longitud de rama intermedia.- Se ubicó la rama en la parte media del cafeto, a la cual se evaluó su longitud, los datos se expresaron en centímetros.

Número de nudos/rama intermedia.- Con la rama intermedia seleccionada se registró mediante conteo directo la cantidad de nudos productivos.

Variables productivas

Para el registro de las variables productivas, se consideró cada pase de cosecha.

Rendimiento (kilos de café oro/ha).- En esta variable se evaluó número de cosechas y cantidad de café cereza/área útil. Cada cosecha parcial fue sumada para tener la cosecha total de cada año calendario. Los datos fueron transformados a rendimientos en kilos de café cereza/hectárea, considerando la densidad poblacional del cafetal (plantas/hectárea).

Frutos vanos (por ciento).- Se evaluó en cada pase de cosecha. Para esta variable se colectaron 100 cerezas maduras y sanas, después se procedió a colocarlas en un recipiente con agua y se registró el número de frutos flotantes que equivale a los granos vanos, se expresó en porcentaje.

Peso de 100 frutos maduros (gramos).- Se contaron 100 cerezas maduras y sanas y se registró su peso en gramos.

Estado sanitario general

Los cafetos de cada unidad experimental fueron evaluados individualmente de acuerdo a una escala ordinal de 1-5 (Cuadro 3).

Cuadro 3. Escala de la evaluación para variable estado sanitario

Escala ordinal	Descripción
1	Estado sanitario malo. Planta completamente enferma, sin posibilidades de recuperación inmediata.
2	Estado sanitario regular. Planta enferma, poco vigor, síntomas significativos de enfermedades, con posibilidades de recuperación.
3	Estado sanitario medio. Planta con vigor aceptable, medianamente sana y presencia de síntomas de enfermedades.
4	Estado sanitario bueno. Planta con, vigor aceptable y presencia ligera de síntomas de enfermedades.
5	Estado sanitario excelente. Planta con bues estado de vigor, completamente sana y sin síntomas de problemas sanitarios.

Los datos obtenidos mediante la escala ordinal fueron transformados a porcentaje para el análisis, apoyado en la fórmula modificada de Towsend y Heuberger.

$$\text{ES (\%)} = \frac{\Sigma\,(a \times b)}{kn} \times 100$$

Dónde:

ES% = Estado sanitario
a = Número de plantas asociadas a una categoría de estado sanitario (escala).
b = Categoría de estado sanitario asociada de un número de plantas
k = Categoría máxima de la escala ordinal (5)
n = Número de plantas observadas

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características agronómicas y estado sanitario

Altura de planta (centímetros)

Mediante el ANOVA (Cuadro 4) se registró que para la variable altura de planta existen diferencias estadísticas altamente significativas (P<0,01) para los factores densidad poblacional (D) y fertilización (F). La interacción densidad x fertilización (D x F) no presentó diferencias significativas. El coeficiente de variación de la variable altura de planta fue 8,7%. La mayor altura de los cafetos se presentó con la densidad de 2.500 plantas/ha (237 cm) y la menor altura de planta (213 cm) se dio en la densidad de siembra de 1.333 plantas/ha. Respecto de la fertilización química los cafetos presentaron mayor altura de planta (251 cm) en comparación con los cafetos fertilizados orgánicamente (204 cm) (Cuadro 5). Considerando estos datos, se indica que las menores distancias de siembra tienen la facilidad de establecer mayor cantidad de plantas por área y por ende cubrir más rápido el suelo y minimizar los problemas de la erosión y desarrollo de las malezas; se menciona que una de desventaja es de poner mayor presión a la gestión de fertilización y disponibilidad de recursos, las plantas se auto sombrean y tienden a competir entre ellas (FUNDESYRAM, 2010).

Diámetro del tallo (centímetros)

El factor Densidad poblacional reportó significación estadística (P<0,05) y el factor fertilización presentó altas diferencias estadísticas (P<0,01). El coeficiente de variación se registró en 7,5%. Para el factor densidad poblacional se registró un rango entre 4,9 y 5,3 centímetros. Los cafetos fertilizados con el empleo del programa químico presentaron un mayor diámetro de tallo (5,3 cm) que los abonados con insumos orgánicos (4,9 cm). Estos valores fueron superiores a los evaluados por Morales y Campos (2023) que registraron un rango promedio de 2,68 a 2,89 cm en El Salvador.

Diámetro de copa (centímetros)

Para la variable diámetro de copa se determinó, mediante el ANOVA, que existen diferencias altamente significativas (P<0,01) con los factores densidad en relación a la fertilización. No se encontró diferencias estadísticas significativas para la interacción densidad x fertilización. El coeficiente de variación se registró en 6,1%. El mayor diámetro de copa se reportó con la densidad poblacional de 2500 plantas/ha (192 cm); y, el menor con 1.666 plantas/ha (178 cm). El diámetro de copa fue mayor en los clones fertilizados químicamente (198 cm), en comparación con los manejados con el programa de fertilización orgánica (176 cm).

Ramas/tallo (número)

Mediante el análisis de datos y varianza se registró que la variable número de ramas/tallo existen diferencias estadísticas (P<0,05) para la densidad poblacional, mientras que en el factor fertilización existen diferencias altamente significativas (P<0,01). El coeficiente de variación fue del 7,5%. El mayor número de ramas/tallos se encontró en la densidad 2.222 plantas (64 ramas); mientras que el menor número correspondió a la densidad de 1666 plantas/ha (60 ramas). Con el programa de fertilización química de los cafetos se reportó mayor número de ramas/planta (67 ramas) en comparación con los cafetos con fertilización orgánica (54 ramas).

Longitud de rama intermedia (centímetros)

Para la variable longitud de rama intermedia se determinó diferencias estadísticas (P<0,01) en los dos factores analizados de manera independiente: densidad y fertilización. La interacción densidad x fertilización no presentó diferencias estadísticas significativas (P>0,05). El coeficiente de variación fue de 5,8%. Se evidencio un mayor desarrollo en rama en la densidad de 1333 plantas/ha (120 cm). La menor longitud de rama intermedia (104 centímetros) se reportó en la densidad poblacional de 1666 plantas/ha. La fertilización química favoreció el crecimiento de las ramas (117 cm) en relación a los cafetos con fertilización orgánica. Estos datos coinciden con los registrados por Cerda *et al.* (2023) que manifiesta que la longitud de las ramas es mayor en tratamientos de cafetos con entrada de luz solar y con fertilización. Esta variable se considera de mucha importancia, debido a que las ramas tienen la formación de yemas y frutos en leña formada un año anterior.

Número de nudos/rama

En esta variable se registró efectos estadísticos altamente significativos (P<0,01), tanto para el factor densidad como para el factor fertilización, mientras que para la interacción densidad x fertilización no se establecieron diferencias estadísticas (P>0,05). El coeficiente de variación fue de 5,2%. Con 1.333 plantas se observó un mayor número de nudos/rama (26). Respecto de la fertilización para variable número de ramas, ambos

programas de fertilización expresaron valores promedio entre 23 (orgánico) y 24 ramas (químico).

Tallos/planta (conteo número)

El análisis de varianza (ANOVA) reveló que, para la variable número de tallos por planta, hubo efectos estadísticamente significativos (P < 0,01) para el factor fertilización (F). En cambio, no se encontraron diferencias significativas para el factor densidad ni para la interacción densidad x fertilización (D x F). El coeficiente de variación para esta variable fue del 15,1%. Los cafetos fertilizados con abonos químicos y orgánicos presentaron un promedio de entre 1,5 y 1,8 tallos por planta. Estos resultados coinciden con lo señalado por Rendón y Montoya (2021), quienes destacan que el establecimiento de altas poblaciones de cafetos favorece una mejor adsorción de agua y nutrientes, lo que, a su vez, mejora la productividad y reduce los tiempos de producción.

Cuadro 4. Cuadrados medios (CM), significación estadística (SE) y coeficientes de variación para variables agronómicas y estado sanitario, en relación de la densidad poblacional y fertilización en café robusta. 48 meses después del establecimiento.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Altura de planta		Diámetro del tallo		Diámetro de copa		Nº ramas/tallo		Longitud Rama Intermedia		Nº Nudos/ rama		Nº tallos/ planta		Estado Sanitario	
		CM	S.E.	CM	S.E.	CM	S.E.	CM	S.E.	CM	S.E.	CM	S.E.	CM	S.E.	CM	S.E.
Repetición	7	2199	**	0,42	*	548	**	128	**	232	**	12	*	0,09	NS	105	NS
Densidad (D)	3	1637	**	0,54	*	567	**	64	*	683	**	55	**	0,07	NS	121	NS
Error A	21	317		0,15		81		17		48		4		0,06		48	
Fertilización (F)	1	35301	**	2,28	**	7676	**	1515	**	1996	**	22	**	1,47	**	6055	**
Interacción D x F	3	448	NS	0,22	NS	70	NS	45	NS	11	NS	0,4	NS	0,06	NS	38	NS
Error B	28	387		0,15		132		22		40		1		0,06		46	
Total	63																
CV (%)		**8,7**		**7,5**		**6,1**		**7,5**		**5,8**		**5,2**		**15,1**		**9,1**	

NS = No existen diferencias estadísticamente significativas (P>0,05)
* = Hay diferencia estadística significativa (P<0,05)
** = Hay diferencia estadística altamente significativa (P<0,01)

Cuadro 5. Medias en variables agronómicas y estado sanitario, en relación a la densidad poblacional y fertilización. 48 meses después del establecimiento.

Densidad Población	Altura de planta (cm)	S.E.	Diámetro del tallo (cm)	S.E.	Diámetro de copa (cm)	S.E.	Número de ramas/ tallos	S.E.	Longitud de ramas intermedia (cm)	S.E.	Número de nudos/ rama	S.E.	Número de tallos/ planta	S.E.	Estado Sanitario (%)	S.E.
1333	213	b	5,2	a	189	a	61	ab	120	a	26	a	1,7	a	79	a
1666	227	ab	4,9	b	178	b	60	b	104	c	21	c	1,8	a	72	a
2222	231	a	5,1	ab	189	a	64	a	111	b	23	b	1,6	a	75	a
2500	237	a	5,3	a	192	a	63	a	112	b	23	b	1,6	a	74	a
Fertilización	**Altura de planta (cm)**	**S.E.**	**Diámetro del tallo (cm)**	**S.E.**	**Diámetro de copa (cm)**	**S.E.**	**Número de ramas/ tallos**	**S.E.**	**Longitud de ramas intermedia (cm)**	**S.E.**	**Número de nudos/ rama**	**S.E.**	**Número de tallos/ planta**	**S.E.**	**Estado Sanitario (%)**	**S.E.**
Químico	251	a	5,3	a	198	a	67	a	117	a	24	a	1,8	a	85	a
Orgánico	204	b	4,9	b	176	b	57	b	106	b	23	b	1,5	b	65	b

SE= Significación estadística mediante la prueba de Duncan 0,05
Letras iguales indican que las diferencias estadísticas no son significativas

Estado sanitario (por ciento)

Respecto al estado sanitario de los cafetos, mediante su varianza se registraron diferencias estadísticas (P<0,01) para el factor Fertilización. No se encontró diferencias estadísticas significativas para el factor densidad poblacional ni para la interacción densidad x fertilización. El coeficiente de variación fue del 9,1%. Los clones

fertilizados químicamente presentaron mejores condiciones sanitarias (85%) en comparación con los fertilizados orgánicamente (65%).

Características productivas

En cuanto a las variables productivas de rendimiento del primer, segundo y tercer año de cosecha, frutos vanos y peso de 100 cerezas, se presentan en el cuadro 6.

Rendimiento (kilos de café oro/hectárea)

Mediante el análisis de varianza (ANOVA), se observó en el primer año de cosecha que no existieron diferencias significativas (P > 0,05) para los factores evaluados, densidad poblacional y fertilización, ni para la interacción densidad x fertilización (D x F). El coeficiente de variación registrado fue del 50,8%. En el segundo año de producción, se establecieron diferencias altamente significativas (P < 0,01) para los factores densidad y fertilización. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas para la interacción densidad x fertilización (D x F). El coeficiente de variación en este año fue del 27%.

En el tercer año de cosecha, el análisis de varianza reveló diferencias altamente significativas (P < 0,01) para el factor fertilización, con un coeficiente de variación del 29,8%. Asimismo, el rendimiento promedio de los tres años de cosecha mostró diferencias altamente significativas (P < 0,01) para los factores densidad poblacional y fertilización. La interacción densidad x fertilización (D x F) presentó una diferencia significativa (P < 0,05). El coeficiente de variación para este análisis fue del 16,4%.

Los valores registrados como rendimiento promedio (3 años de cosecha consecutivos) respecto de su densidad de plantas fueron: 991 kg de café oro/ha con 1.333 plantas, 1456 kilos de café oro/ha con 1.666 plantas, 1.371 kilos de café oro/ha con 2.222 plantas y 1.481 kilos de café oro/ha con 2.500 plantas (Cuadro 7). Resultados superiores al promedio nacional (250 kg café oro/ha) en áreas tradicionales de producción como lo expresan Duicela *et al.* (2016) y relativamente superior a un estudio realizado en Portoviejo (Manabí) con 826 kg café oro/ha (Duicela, 2021). Sin embargo, se indica que en estudios de café robusta realizados en la provincia de Los Ríos se obtuvieron rendimientos superiores a los 2750 kg de café oro/ha en cinco años de estudio (Loor *et al.,* 2015; Zambrano *et al.,* 2018). Estos diversos resultados para el rendimiento de café en zonas de producción pueden estar estimado por el número de plantas establecidas y condiciones ambientales. Se manifiesta que, en zonas de producción elevadas al haber una menor disponibilidad de energía térmica, se evidencia un desarrollo más lento, a diferencia de zonas de producción bajas donde hay una mayor disponibilidad de energía y el desarrollo del cultivo tiende a ser más acelerado (Lucas *et al.,* 2017; Arcila, 2011).

El análisis de comparaciones ortogonales permitió establecer el siguiente resultado: 1333 < 1666 = 2222 = 2500. Esto indica que una densidad de 1.666 plantas por hectárea favoreció la producción de café robusta en comparación con la densidad de 1.333 plantas. Además, las densidades de 1.666, 2.222 y 2.500 plantas por hectárea fueron estadísticamente similares. Es importante destacar que en el ensayo, las densidades de 2.222 y 2.500 plantas por hectárea resultaron poco prácticas, ya que el entrecruzamiento de las ramas de los cafetos dificultó las labores de manejo. Estos resultados son consistentes con los obtenidos por Loor *et al.* (2015), quienes sugieren que para obtener buenos rendimientos en café robusta en la región de Los Ríos, se deben establecer plantaciones con densidades poblacionales de 1.333 o 1.600 plantas por hectárea.

as plantas de café fertilizadas con abonos químicos mostraron rendimientos superiores en comparación con aquellas fertilizadas con insumos orgánicos durante los tres años de cosecha. El rendimiento promedio de los cafetos abonados con fertilización química fue de 1.686 kilos de café oro por hectárea, lo que representa un 75% más que los rendimientos de los cafetos fertilizados con abonos orgánicos, que alcanzaron un promedio de 964 kilos de café oro por hectárea (Cuadro 7). Estos resultados son significativamente más altos que los reportados por Arguello *et al.* (2017), quienes registraron un rendimiento promedio de solo 140 kilos de café oro por hectárea en la comunidad de San Jacinto de Búa, en Santo Domingo de los Tsáchilas, donde el uso de programas de fertilización fue muy limitado.

Fruto vano (por ciento)

El análisis de varianza (ANOVA) realizado para la variable "fruto vano" indicó que no existieron diferencias estadísticamente significativas (P > 0,05) entre los factores evaluados, densidad y fertilización. Sin embargo, la interacción densidad x fertilización (D x F) mostró diferencias significativas (P < 0,05). El coeficiente de variación para esta variable fue del 16%. Los menores porcentajes de frutos vanos se registraron con densidades de 1333 y 1666 plantas/hectárea (2,5%). En cuanto a la fertilización, los cafetos fertilizados con insumos químicos presentaron un 2,6% de frutos vanos, mientras que aquellos fertilizados con insumos orgánicos mostraron un 2,8%.

Peso de 100 frutos maduros de café (gramos)

El análisis de varianza de esta variable mostró diferencias altamente significativas (P<0,01) para la fertilización, con

un coeficiente de variación del 6%. El peso de los 100 frutos maduros de los tratamientos con fertilización química (135 gramos) fue superior al peso de los tratamientos con fertilización orgánica (126 gramos). Esto coincide con lo expuesto por Duicela (2021) que señala que cafetos a plena exposición registra valores altos en variables productivas, pero es exigente a un programa ordenado de fertilización. En el suelo, los elementos se encuentran en cantidades variables y a veces no suficientes para una adecuada nutrición y por eso existe la necesidad de fertilizar los cultivos.

Cuadro 6. Cuadrados medios (CM), significación estadística (SE) y coeficientes de variación de las variables productivas, en relación de la densidad poblacional y fertilización en café robusta.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Rendimiento Primer Año (Kg café oro ha^{-1})		Rendimiento Segundo Año (Kg café oro ha^{-1})		Rendimiento Tercer Año (Kg café oro ha^{-1})		Rendimiento Promedio (Kg café oro ha^{-1})		Fruto vano (%)		Peso 100 frutos (gramos)	
		CM	S.E.	CM	S.E.	CM	S.E.	CM	S.E.	CM	S.E.	CM	S.E.
Repetición	7	20068	*	815723	**	1318974	NS	3015916	**	0,16	NS	501	**
Densidad (D)	3	10282	NS	416253	**	4579655	NS	7432502	**	0,84	NS	53	NS
Error A	21	7803		43616		641770		587981		0,41		49	
Fertilización (F)	1	226	NS	4072738	**	43909839	**	74988567	**	0,63	NS	1243	**
Interacción D x F	3	18122	NS	192172	NS	2777951	NS	3903427	*	0,67	*	84	NS
Error B	28	7799		72280		695821		876891		0,20		64	
Total	63												
CV (%)		**50,8**		**27,0**		**29,8**		**23,6**		**16,4**		**6,1**	

NS = No existen diferencias estadísticamente significativas (P>0,05)
* = Hay diferencia estadística significativa (P<0,05)
** = Hay diferencia estadística altamente significativa (P<0,01)

Cuadro 7. Promedios de las variables productivas, en relación de la densidad poblacional y fertilización en café robusta.

Densidad poblacional														
Densidad Población	**Rendimiento Año 1 (Kg café oro ha^{-1})**		**Rendimiento Año 2 (Kg café oro ha^{-1})**		**Rendimiento Año 3 (Kg café oro ha^{-1})**		**Rendimiento promedio (Kg café oro ha^{-1})**		**Grano vano (%)**		**Peso 100 frutos (gramos)**			
	Media	**SE**	**Media**	**SE**	**Media**	**SE**	**Media**	**SE**	**Media**	**SE**	**Media**	**SE**		
1.333	141	a	810	b	2.023	b	991	b	2,5	c	131	a		
1.666	186	a	971	b	3.210	a	1.456	a	2,5	bc	131	a		
2.222	200	a	1.000	b	2.912	a	1.371	a	2,8	ab	128	a		
2.500	168	a	1.203	a	3.072	a	1.481	a	2,9	a	132	a		
Fertilización	**Rendimiento Año 1 (Kg café oro ha^{-1})**		**Rendimiento Año 2 (Kg café oro ha^{-1})**		**Rendimiento Año 3 (Kg café oro ha^{-1})**		**Rendimiento promedio (Kg café oro ha^{-1})**		**Fruto vano (%)**		**Peso 100 frutos (gramos)**			
	Media	**SE**	**Media**	**SE**	**Media**	**SE**	**Media**	**SE**	**Media**	**SE**	**Media**	**SE**		
Químico	176	a	1.248	a	3.633	a	1.686	a	2,6	a	135	a		
Orgánico	172	a	744	b	1.976	b	964	b	2,8	a	126	b		

SE= Significación estadística mediante la prueba de Duncan 0,05
Letras iguales indican que las diferencias estadísticas no son significativas

CONCLUSIONES

Los resultados de la investigación indican que la densidad óptima de 1.666 plantas por hectárea, combinada con una adecuada fertilización química, fue el factor más eficiente en términos de producción de café robusta, así como en las variables agronómicas y sanitarias, en comparación con los demás tratamientos evaluados.

En cuanto a las variables productivas, se observó que la fertilización química resultó en un mayor peso de los frutos en comparación con la fertilización orgánica, lo que se tradujo en un mejor rendimiento en la cosecha. Además, se concluye que, si bien las densidades más altas pueden incrementar la productividad, también requieren una gestión más rigurosa de los recursos. La competencia entre los cafetos aumenta la demanda de nutrientes y agua, lo que resalta la necesidad de un manejo agronómico más

intensivo, particularmente en zonas con limitaciones hídricas, como el litoral ecuatoriano.

LITERATURA CITADA

Arcila, J. 2011. Densidad de siembra y productividad de los cafetales In Sistema de producción en Colombia, Capitulo 6. Manizales – Colombia. 132 – 143 pp.

Arguello, C., León, J., Díaz, P., Verdugo, C. y Cáceres, M. 2017. Incidencia de la cadena de valor en el desarrollo sustentable del cultivo de café robusta (*Coffea canephora*) estudio de caso: parroquia San Jacinto del Búa, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas – Ecuador. European Scientific Journal January 13:1857-7431. URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n1p102

Bedoya, M. y Salazar, R. 2014. Optimización del uso de fertilizantes para el cultivo de café. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, (8):1433-1439. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014001001433

Campos, J., Murga, N, Rituay, P. y García, L. 2021. Sostenibilidad del café: revisión sistemática de la literatura. Revista Venezolana de Gerencia, 26 (95):943-961. https://doi.org/10.52080/rvgluz.27.95.30

Cerda, M., Salgado, M., Aguirre, J., y Chile, N. 2023. Respuesta del café robusta (*Coffea canephora*) Pierre ex A. Froehner a diferentes manejos de sombra y fertilización, en el sur de Chiapas, México. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 7(1):5547-5565. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4870

Duicela, L. 2021. Productividad y estabilidad ambiental de clones de café robusta en distintas localidades cafetaleras del Ecuador. Tesis doctoral de Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.

Duicela, L. Corral G. y Chilán, W. 2016. Selección de "cabezas de clon" en café robusta (Coffea canephora) en el trópico seco, Ecuador. Revista ESPAMCIENCIA. 7(1): 23-35.

Duicela, L., 2011. Manejo sostenible de fincas cafetaleras: Buenas prácticas en la producción de café arábigo y gestión de la calidad en las organizaciones de productores. COFENAC-ANECAFE-CFC-OIC. Portoviejo – Ecuador. Pág. 3 - 9.

Duque, H., Salazar, H., Rojas, L. y Gaitán, A. 2021. Análisis económico de tecnologías para la producción de café en Colombia. Cenicafé. https://doi.org/10.38141/cenbook-0016, 107 p.

Duque, H. 2004. Como reducir los costos en la finca cafetera. CENICAFE, 2 ed. Chinchina, Caldas, Colombia. 99 pp. https://www.cenicafe.org/es/publications/Como_reducir_los_costos_de_producci%%B3n_en_la_finca_cafetera.pdf

FUNDESYRAM (Fundación para el Desarrollo Socio Económico y Restauración Ambiental). 2010. Guía para la innovación de la caficultura: De lo convencional a lo orgánico. Beyond Graphics, 1 ed. https://fundesyram.info/wp-content/uploads/2020/02/Cultivo_de_cafe.pdf

Loor, R., plaza, l., Guerrero, H. y Zambrano, F. 2015. Desarrollo de una variedad policlonal de café robusta para Quevedo y otras zonas agroclimáticas similares de la costa ecuatoriana. Quevedo-Ecuador, Boletín Técnico N° 167. 1 ed, 32p.

López, H., Rocha, R., Kolln, A., Alves, E. y Teixeira, A. (2023). Robustas Amazônicos: Qualidade do Café De Rondônia. Revista Científica Da Faculdade De Educação E Meio Ambiente, 14(2):466–481. https://doi.org/10.31072/rcf.v14i2.1375

Lucas, R., Álvarez, R., Castro, D. y Muñoz, M. 2017. La producción de café robusta en la provincia de Santa Elena, Ecuador: Un enfoque de sostenibilidad. Revista de Planeación y control Microfinanciero, 3(9):28-40. https://www.ecorfan.org/spain/rj_planeacion_cm_ix.php

Morales, P. y Campos, R. 2023. Caracterización morfoagronómica de cuatro clones de café Robusta (*Coffea canephora* Pierre.) cultivados en dos sistemas agroforestales en San Luis Talpa, La Paz, El Salvador. Universidad de El Salvador. https://hdl.handle.net/20.500.14492/27430

Muñoz, C., Cobos, A., y Muñoz, J. 2023. Predicción del rendimiento de cultivos de café: un mapeo sistemático. Ingeniería y Competitividad, 25(3):1-25. https://doi.org/10.25100/iyc.v25i3.13171

Rendon, J. y Montoya, D. 2021. La densidad de siembra: un factor determinante en los sistemas de producción de café. Avances Técnicos Cenicafé, (530), 4 p. https://doi.org/10.38141/10779/0530

Verdin A. 2011. Influência do espaçamento e densidade de hastes em café conilon conduzido com a poda programada de ciclo. Dissertação (Mestrado em

Produção Vegetal) - Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, ES – Brasil. 68 pp.

Zambrano, F., Loor, R., Plaza, L., Jaimez, R., Guerrero, H., Casanova, T., López, D. y Rodríguez, G. 2018. Relación entre productividad y calidad integral del grano en selecciones avanzadas de café Robusta (*Coffea canephora*) en Ecuador. Agrociencia, 52(4):593-607. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-1952018000400593&lng=es&tlng=es.

REVISTA ESPAMCIENCIA para el agro

RESPUESTA MORFOMÉTRICA DE SEIS VARIEDADES DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) DURANTE LAS ÉPOCAS LLUVIOSA Y SECA

AGRONOMIC RESPONSE OF SIX VARIETIES OF COFFEE (*Coffea arabica* L.) DURING THE RAINY AND DRY SEASON

Jostin Steven Mallitasig Cajas, Kevin Wladimir Macías Campuzano, Ricardo Augusto Luna Murillo, Veronica Alexandra Chuquitarco Esmeraldas, María Julieta Cedeño Aristega

Universidad Técnica de Cotopaxi, avenida Los Almendros y calle Pujilí sector la virgen, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, carrera de Agronomía

Email: jostin.mallitasig4128@utc.edu.ec

Información del artículo

Tipo de artículo: Artículo original

Recibido: 05/07/2024

Aceptado: 15/11/2024

Licencia: CC BY-NC-SA 4.0

Revista ESPAMCIENCIA 15(E):33-38

DOI: https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v15iE.518

Resumen

La investigación destaca la importancia de mejorar la producción y sostenibilidad del café mediante el análisis de la respuesta agronómica de seis variedades de Coffea arabica bajo diferentes condiciones climáticas en Guasaganda. El estudio tuvo como objetivo evaluar cómo los factores climáticos influyen en el crecimiento de las plantas y determinar la variedad más adecuada para optimizar la producción en la región. El experimento se llevó a cabo en el Centro Experimental "Sacha Wiwa", ubicado a una altitud de 510 metros, con una temperatura media anual de 23ºC y un suelo franco arenoso. Se empleó un diseño de bloques completamente al azar para evaluar las seis variedades durante las estaciones lluviosa y seca. Las variables medidas incluyeron la altura de la planta, el diámetro del tallo y el número de ramas. Los resultados mostraron que la variedad Sarchimor alcanzó la mayor altura de planta, con 165,58 cm en la época lluviosa y 188,07 cm en la época seca, seguida por Bourbon con 126,99 cm y 141,54 cm, respectivamente. En cuanto al diámetro del tallo, la variedad Geisha destacó con 3,02 cm en la época lluviosa y 3,35 cm en la época seca. Respecto al número de ramas, Sarchimor (30,93), Catimor (28,70) y Geisha (30,30) mostraron el mejor desempeño en la estación seca, mientras que Sarchimor (35,64) y Geisha (35,70) lideraron durante la estación lluviosa. En conclusión, las variedades Sarchimor y Geisha demostraron un rendimiento agronómico superior y son las más adecuadas para las condiciones climáticas de Guasaganda.

Palabras clave: adaptación, café arábigo, variedades, épocas.

Abstract

The research emphasizes the need to improve coffee production and sustainability. The study of the agronomic response of six coffee varieties (Coffea arabica) during the rainy and dry seasons under different climatic conditions in Guasaganda, with the aim of analyzing how factors intervene in growth and identifying the most suitable variety to optimize production. . The research was carried out at the "Sacha Wiwa" Experimental Center at an altitude of 510 meters, with an average annual temperature of 23ºC and sandy loam soil. The study used a completely randomized block design to evaluate six coffee varieties during the rainy and dry seasons. Variables measured included plant height, stem diameter, and number of branches. The results indicated that the Sarchimor variety had the highest plant height with 165.58cm in the rainy season and 188.07cm in the dry season, followed by Bourbon with 126.99cm in the rainy season and 141.54cm in the rainy season. The Geisha variety showed the best production in stem diameter with 3.02cm in the rainy season and 3.35cm in the dry season. Regarding the number of branches, Sarchimor with 30, 93, Catimor with 28.70 and Geisha with 30.30 had the best performance during the dry season, while Sarchimor with 35.64 and Geisha with 35.70 led during the season. rainy The study concludes that the Sarchimor and Geisha varieties demonstrated superior agronomic results, being suitable under the climatic conditions of Guasaganda.

Keywords: adaptation, Arabic coffee, varieties, seasons.

INTRODUCCIÓN

Según Breiter *et al.* (2022), la adaptación de variedades de *Coffea arabica* es fundamental para enfrentar los desafíos del cambio climático y mejorar la sostenibilidad y productividad de los cultivos. Este proceso implica el desarrollo de variedades específicas para sistemas agroforestales, la selección de genotipos tolerantes a la sequía y otras condiciones adversas, así como el aprovechamiento de la variabilidad genética para mejorar la resistencia y la calidad del grano. Además, la agroforestería y la selección de clones con características fisiológicas superiores juegan un papel clave en la mejora de la productividad y la resiliencia de los cultivos de café.

l origen del café arábica se encuentra en el continente africano, específicamente en las montañas del suroeste de Etiopía, en la región que corresponde al norte de Kenia. Este café crece de forma natural en los sotobosques de dicha área, a altitudes que varían entre los 1.300 y 2.000 metros sobre el nivel del mar (Villacis y Aguilar, 2016).

El café es un cultivo de gran relevancia a nivel global y, según Silva *et al.* (2023), tiene un impacto profundo en la economía de los países productores a gran escala, como Brasil, Colombia, Vietnam e Indonesia, que enfrentan una fuerte demanda de calidad y certificación geográfica. Se estima que alrededor de 125 millones de personas dependen directamente de este cultivo, lo que lo convierte en un factor clave en los ámbitos económico y social de los países con mayores exportaciones de café (Vázquez *et al.*, 2020).

En América Latina, el cultivo predominante es Coffea arabica, cuya importancia ha crecido significativamente en las últimas dos décadas. Este auge ha dado lugar a cambios biofísicos que afectan la sostenibilidad de los cultivos, especialmente en lo que respecta a la resistencia a enfermedades. Sin embargo, la intensificación de los sistemas agrícolas convencionales sigue siendo un factor limitante en la mejora de la productividad y sostenibilidad de los cultivos (Harvey *et al.*, 2021).

En Ecuador, el café destaca por su rentabilidad en la región amazónica. Según Macías (2018), este cultivo tiene una excelente relación de rentabilidad y costo en esa área. El país cuenta con alrededor de 305,000 hectáreas dedicadas al cultivo de café, con aproximadamente 200,000 personas involucradas en su producción, lo que representa el 3% del PIB agrícola (Saona, 2021).

El 99% de las áreas dedicadas al cultivo de café en Ecuador están distribuidas en 23 de las 24 provincias del país. La calidad del café ecuatoriano se distingue principalmente por la región de cultivo y está regulada por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 285:2006, que establece criterios específicos para clasificar el grano verde según sus propiedades físicas y características organolépticas (Jiménez *et al.*, 2023). No obstante, el sector cafetero en Ecuador enfrenta un estancamiento debido a la falta de inversión en tecnología y en transformaciones genéticas que fomenten el desarrollo del cultivo. Esto incluye la renovación de plantaciones con variedades más productivas y resistentes a plagas y enfermedades, lo que limita la valorización del café ecuatoriano (Suazo, 2020).

Dentro del extenso género Coffea, que comprende más de 100 especies, solo dos son de relevancia económica: Coffea arabica y Coffea canephora. Entre las variedades más cultivadas de Coffea arabica se incluyen Caturra, Catuaí, Pache, Pache Colís, Bourbón, Mundo Novo, Pacamara y Típica. En los últimos años, ha aumentado la siembra de variedades resistentes a la roya, tales como Anacafé 90, Catimor T-8667, Costa Rica 95, Lempira, Parainema, Sarchimor, Cuscatleco, Tupi, Geisha, Castillo y Marsellesa, entre otras (Anacafé, 2019).

Según López *et al.* (2016), las variedades de café en el mundo son genéticamente similares, aunque sus diferencias se evidencian claramente en su morfología, especialmente en el aspecto de los frutos. El uso de distintas variedades representa una alternativa para lograr un equilibrio entre la cantidad y la calidad de la producción. Sin embargo, existen diversos factores que afectan el desarrollo agronómico del café. La temperatura, la humedad relativa, las condiciones de sanidad, la calidad del suelo y las prácticas agronómicas y fitosanitarias tienen un impacto directo en los rendimientos y la calidad del grano (Morán y Jiménez, 2023).

En la actualidad, las investigaciones se concentran en cultivos con mayor demanda en el mercado, y el café no está en el centro de estas investigaciones. Por esta razón, son limitados los estudios enfocados en la evaluación de diferentes variedades de Coffea arabica durante las estaciones lluviosa y seca, especialmente en zonas como Guasaganda. Los objetivos del estudio fueron determinar la respuesta agronómica de las variedades de café y analizar las condiciones climáticas en relación con estas variedades.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en el año 2023 en el Centro Experimental “Sacha Wiwa”, ubicado en la parroquia de Guasaganda, cantón La Maná, provincia de Cotopaxi, Ecuador. La ubicación geográfica del centro corresponde a una latitud de 0°48'10.0"S y longitud de 79°10'01.2"W. La zona de estudio se encuentra a una altitud de 510 metros sobre el nivel del mar y presenta las siguientes condiciones climáticas y geográficas: temperatura media anual de 23°C, humedad relativa de 86,83%, heliofanía de 47,52 horas, y una precipitación anual de 3029,30 mm. La topografía es irregular, y el suelo es de tipo franco arenoso (Macías *et al.*, 2023)..

Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA) con seis tratamientos y 10 repeticiones, lo que resultó en un total de 60 plantas

evaluadas. Los tratamientos consistieron en las siguientes variedades de café arábica (Coffea arabica): Acawa, Catuaí Amarillo, Bourbon Amarillo, Catimor, Geisha y Sarchimor. Los materiales utilizados fueron proporcionados por la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria Manuel Félix López. Las variables estudiadas fueron: altura de la planta, diámetro de tallo y número de ramas. Los datos fueron tabulados utilizando el software estadístico InfoStat y se analizó la diferencia entre los tratamientos mediante la prueba de rangos múltiples de Tukey al 5% (Di Rienzo *et al.*, 2015).

El cultivo de café arábica fue establecido en marzo de 2021. Para la evaluación de las variedades, se registraron datos durante dos periodos climáticos: la época lluviosa, que se inició en febrero y concluyó en mayo de 2023, y la época seca, que abarcó de junio a septiembre del mismo año. Durante este periodo, las plantas tenían una edad aproximada de dos años. Las evaluaciones se realizaron cada siete días durante ambas épocas climáticas.

Las variables evaluadas fueron:

Altura de la planta: Se midió utilizando un flexómetro, desde la base del tallo hasta el ápice central de la planta.

Diámetro del tallo: Se midió 5 cm por encima de la primera rama del tallo principal, utilizando un pie de rey para obtener el diámetro en milímetros.

Número de ramas: Se contó manualmente el número de ramas por planta, con el fin de evaluar el crecimiento vegetativo.

El propósito de este análisis fue conocer la respuesta agronómica de las diferentes variedades de café ante las variaciones climáticas de las épocas lluviosa y seca.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variables morfoagronómicas seleccionadas fueron evaluadas durante un período de ocho meses en las variedades de café Acawa, Catuaí Amarillo, Bourbon Amarillo, Catimor, Geisha y Sarchimor, bajo las condiciones climáticas de la época lluviosa y seca en la parroquia Guasaganda, ubicada en la provincia de Cotopaxi.

En el cuadro 1, se observan los resultados obtenidos de la altura de planta de café en el Centro Experimental Sacha Wiwa. Se destaca la variedad Sarchimor con una altura de planta de 165,58 cm en la época lluviosa y 188,07 cm en la época seca, mientras que el menor valor pertenece a la En el Cuadro 1 se presentan los resultados obtenidos para la altura de las plantas de café en el Centro Experimental Sacha Wiwa. La variedad Sarchimor mostró el mayor crecimiento, alcanzando una altura de 165,58 cm durante la época lluviosa y 188,07 cm en la época seca. Por otro lado, la variedad Catuaí registró la menor altura, con 75,54 cm en la época lluviosa y 86,33 cm en la época seca. Se observó una diferencia estadística significativa entre las dos estaciones, así como un coeficiente de variación similar en ambas épocas, lo que sugiere que la variabilidad en la altura de las plantas es relativamente consistente a lo largo de las mediciones.

Cuadro 1. Altura de planta (cm) en la respuesta agronómica de seis variedades de café (*Coffea arabica*.) durante época lluviosa y seca

Tratamiento	Épocas	
	Lluviosa	**Seca**
Sarchimor	165,58 a	188,07 a
Bourbon Amarillo	126,99 ab	141,54 ab
Catimor	102,27 bc	121,86 bc
Geisha	97,10 bc	108,40 bc
Acawa	73,98 c	89,11 c
Catuaí Amarillo	75,54 c	86,33 c
CV (%)	25,35	24,34
p-valor	<0,0001	<0,0001

Medias con letras iguales no tienen diferencias estadísticas de Tukey p<0,05.

La investigación de Muñoz y Ortega (2022) reportó una tasa de crecimiento promedio de 12,64 cm en la variedad Sarchimor, lo que equivale a un crecimiento de 0,11 cm por día. Este valor fue superior al de las demás variedades evaluadas en el estudio. De manera similar, los resultados obtenidos en la presente investigación también muestran que la variedad Sarchimor alcanzó un crecimiento superior al de las otras variedades, corroborando su rendimiento superior en comparación con los testigos.

La variable "altura de planta" está estrechamente influenciada por factores como la cantidad de horas de luz, la altitud, la humedad y las características del suelo. En este sentido, los resultados obtenidos en el presente estudio son consistentes con los de Zapata *et al.* (2015), quienes realizaron una investigación sobre variedades de café en Caluma, destacando que la luz solar, la temperatura y la interacción genotipo-ambiente juegan un papel crucial en el desarrollo de las plantas..

Al comparar la respuesta agronómica de las seis variedades en las dos épocas, se observó que Sarchimor presentó el mayor crecimiento en altura de planta, destacándose por encima de las demás. En segundo lugar, se ubicó Bourbon, mientras que Catuaí Amarillo fue la variedad con el menor crecimiento, con valores que fluctuaron entre 141 cm en la época lluviosa y 73,98 cm en la época seca.

Holguín (2019) señala en su investigación sobre la variedad Sarchimor 4260 que la altura de la planta está directamente influenciada por la incidencia de plagas y enfermedades. Por lo tanto, resalta la importancia de implementar un adecuado control fitosanitario y un manejo agronómico eficiente para minimizar los impactos negativos de estos factores sobre el cultivo de café.

En el cuadro 2 se presentan los resultados obtenidos para el diámetro de tallo de las diferentes variedades de café. La variedad Geisha destacó como el mejor tratamiento en

ambas épocas, lluviosa y seca, con un diámetro de 3,02 cm y 3,35 cm, respectivamente. Por otro lado, Catuaí Amarillo registró los menores valores, con 1,90 cm en la época lluviosa y 2,05 cm en la época seca. El coeficiente de variación en ambas estaciones sugiere una variabilidad moderada en el diámetro del tallo entre las variedades evaluadas.

La variedad Sarchimor obtuvo el segundo mejor resultado en ambas estaciones, con un diámetro de 2,89 cm en la época lluviosa y 3,04 cm en la época seca, mostrando diferencias significativas en comparación con otras variedades. Estos resultados podrían estar relacionados con la adecuada adaptación de Sarchimor a las condiciones de la zona de Guasaganda. En este sentido, se concluye que únicamente las variedades Sarchimor y Geisha presentan una adaptación adecuada a las condiciones climáticas y del suelo de la región.

Cuadro 2. Diámetro del tallo (cm) en la respuesta agronómica de seis variedades de café (*Coffea arabica*) durante época lluviosa y seca

Tratamientos	Época Lluviosa	Época Seca
Sarchimor	2,89 a	3,04 ab
Bourbon Amarillo	2,45 ab	2,56 bc
Catimor	2,42 ab	2,69 abc
Geisha	3,02 a	3,35 a
Acawa	1,98 b	2,36 bc
Catuaí Amarillo	1,90 b	2,05 c
CV (%)	18,24	17,19
p-valor	0,0001	<0,0001

Medias con letras iguales no tienen diferencias estadísticas de Tukey p<0,05

En la investigación de Macías *et al.* (2022) se muestra que Sarchimor obtuvo los mejores resultados entorno al diámetro de tallo en cm, con un valor de crecimiento de 0,010 cm por día, siendo de gran relevancia los nutrientes presentes en el suelo para que la planta pueda absorber los nutrientes necesarios, en comparación con otras variedades como Geisha, se obtuvieron valores menores, con un promedio de 0,005 cm de crecimiento por día. Y en comparación con la presente investigación se obtiene a Geisha como el mejor tratamiento en ambas estaciones y como segundo mejor tratamiento a Sarchimor, llevando una secuencia de adaptación incluso en comparación con las investigaciones mencionadas.

En cambio, indica Humaginga (2020), que Geisha obtuvo un valor mayor de diámetro de tallo en comparación con Sarchimor con una tasa de 0,22 mm de diferencia. Comparte resultados con la presente investigación, mostrando a la variedad Geisha como el mejor tratamiento y Sarchimor como el segundo mejor, lo cual reafirma la importancia de las caracteristicas del suelo (una buena porosidad y poco encharcamiento) para un buen desarrollo del diámetro de tallo.

Se muestra en el gráfico 1, el número de ramas en seis variedades de café, con Sarchimor y Geisha teniendo los mayores valores 30,93 y 30,30, respectivamente, seguidos de Catimor 28,0 y Bourbon Amarillo 26,09. Acawa y Catuaí Amarillo tienen los valores más bajos 16,49 y 19,90, respectivamente, indicando una variabilidad moderada en el número de ramas entre las variedades.

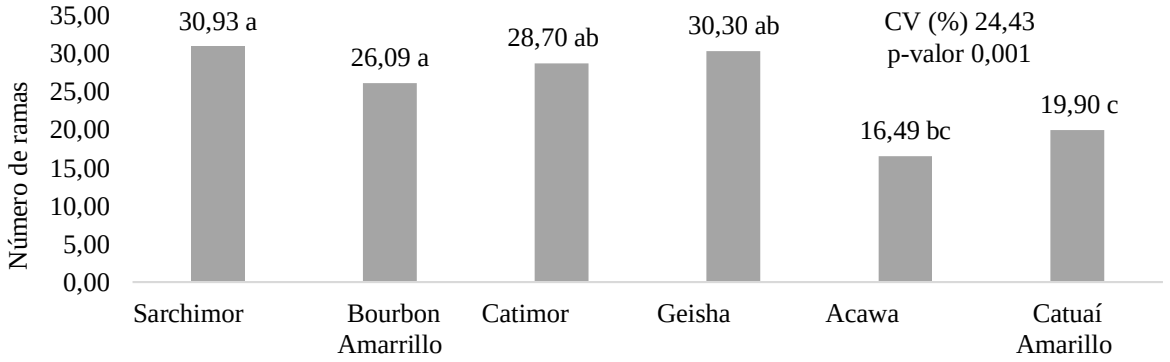

Gráfico 1. Respuesta agronómica del número de ramas de las variedades de café (*Coffea arabica*) en época lluviosa

En la investigación de Zapata *et al.* (2015), se estableció que Bourbon Amarillo presentó el mayor número de ramas, con un total de 21,35 ramas por planta. En contraste, en la presente investigación, las variedades Geisha, Sarchimor y Catimor mostraron un mayor número de ramas, con 31, 30 y 29 ramas, respectivamente, durante la época lluviosa. En la época seca, estas variedades alcanzaron 36 ramas cada una. Estas diferencias podrían estar influenciadas por factores climáticos y la ubicación geográfica de cada estudio, sugiriendo que las condiciones ambientales tienen un papel importante en el desarrollo del número de ramas de las variedades evaluadas.

En la gráfica 2, se muestra la respuesta agronómica en el número de ramas de diferentes variedades de café (*Coffea arabica*) durante la época seca. Las variedades Sarchimor,

Catimor y Geisha presentan un número similar de ramas 35,64, 36,23 y 35,70 respectivamente, siendo estadísticamente superiores a las variedades Acawa y Catuai Amarillo, que tienen un menor número de ramas 22,18 y 23,08 en su orden. Bourbon Amarillo también tiene un menor número de ramas 28,73, pero no difiere significativamente de las otras variedades superiores.

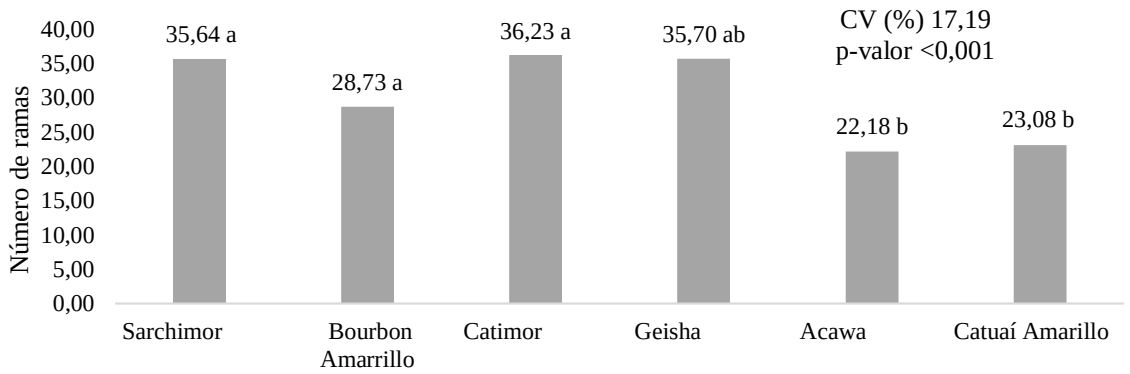

Gráfico 2. Respuesta agronómica del número de ramas de las variedades de café (*Coffea arabica*) en época seca

De manera similar a la investigación de Humaginga (2020), Sarchimor fue la variedad que presentó el mayor número de ramas, con 0,08 ramas más que Geisha. Aunque esta diferencia no fue estadísticamente significativa, sí existe una diferencia matemática en el conteo de ramas entre ambas variedades. En comparación con los resultados de otras variedades, esta investigación identificó a Geisha y Sarchimor como los tratamientos más destacados en cuanto al número de ramas, sin que se observaran diferencias significativas ni en la época lluviosa ni en la seca.

CONCLUSIONES

Se concluye que la variedad Sarchimor presentó la mejor respuesta agronómica en cuanto a las variables de altura de planta, diámetro de tallo y número de ramas. Geishaocupó el segundo lugar en rendimiento.

Por lo tanto, se recomienda a los agricultores optar por el cultivo de café Sarchimor, debido a su excelente adaptación y resistencia tanto en la época seca como en la lluviosa. Esta variedad asegura un buen rendimiento, incluso frente a variaciones climáticas, lo que la convierte en una opción viable para mantener la productividad en diferentes condiciones ambientales.

AGRADECIMIENTO

Los autores dejan constancia de su agradecimiento a la Red Universitaria de Investigación y Desarrollo Cafetalero (REDUCAFE), proyecto Fomento a la producción cafetalera en la provincia de Cotopaxi (UTC) y al Fondo de Investigación para la Agrobiodiversidad, Semillas y Agricultura Sustentable (FIASA).

LITERATURA CITADA

Anacafé. 2019. Guía de variedades de café. Guatemala: Asociacaión Nacional del Café. Obtenido de https://www.anacafe.org/uploads/file/9a4f9434577a433aad6c123d321e25f9/Gu%C3%ADa-de-variedades-Anacaf%C3%A9.pdf

Breiter, J., Etienne, H., Léran, S., Marie, L., y Bertrand, B. 2022. escription of an Arabica Coffee Ideotype for Agroforestry Cropping Systems: A Guideline for Breeding More Resilient New Varieties. Plants(11). doi:https://doi.org/10.3390/plants11162133.

Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, Laura. 2015. Grupo Infostat,FCA. Argentina: Universidad Nacional de Córdoba. Obtenido de: https://www.researchgate.net/publication/319875366_Grupo_InfoStat_FCA_Universidad_Nacional_de_Cordoba_Argentina?enrichId=rgreq-3e606f3826889d694f596018e575757e-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzMxOTg3NTM2NjtBUzoxMDQzMDEzNjc3NjIxMjQ4QDE2MjU2ODUyNDc5MDg%3D&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf.

Harvey, C., PRitts, A., Zwetsloot, M., Jansen, K., Pulleman, M., Armbrecht, I., . . . Valencia, B. 2021. Transformation of coffee-growing landscapes across Latin America. A review. Agronomy for Sustainable Development, 41(62). doi:https://doi.org/10.1007/s13593-021-00712-0.

Holguín, G. 2019. Comportamiento morfológico del café (*Coffea arábica L.*) sarchimor 4260 en etapa de crecimiento con fertilizantes químicos y orgánicos. Universidad Estatal del Sur de Manabí.

Humaginga, K. 2020. Respuesta agronómica de tres variedades de café (*Coffea arabica*) con tres niveles de fertilización foliar. Universidad Técnica de Cotopaxi.

INAMHI (Instituto Nacional de meteorología e hidrología). 2017. Fondo para la protección del agua. Anuario meteorológico. N53-2013.

Jiménez, K., Quezada, J., y Vega, A. 2023. Análisis de las exportaciones del café en el Ecuador, período 2017-2021. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 7(1):6166-6184. doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4909

Macías, D., Iza, E., Quinatoa, E., y Espinosa, K. 2022. Respuesta agronómica de dos variedades de café (*Coffea canephora*) en dos pisos climáticos con diferentes necesidades nutricionales. Ciencia Latina Revista Multidisciplinar, 6(4):3102-3115.

Macías, S. 2018. Analisis de los Costos de Producción y Rentabilidad del Cultivo de Café (*Coffea spp*) en la Region Amazonica del Ecuador. International Journal of Social Science and Economics Invention, 4(1):438-449. doi:https://doi.org/10.23958/ijssei/vol04-i01/01

Morán, J., y Jiménez, E. 2023. Caracterización de sistemas productivos de café (*Coffea arabica L.*) en la reserva natural Tepec-Xomolth. Siembra, 10(1). Obtenido de https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/4402/5644

Muñoz, V., y Ortega, M. 2022. Respuesta agronómica de las variedades de café Geisha, Sarchimos y manabí con fertilización orgánica e inorgánica en el centro experimental Sacha Wiwa. La Maná-Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi "Extensión La Maná". Obtenido de https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8570/1/UTC-PIM-%20000459.pdf

Saona, K. 2021. Estudio de la producción y comecialización del cultivo de café (*Coffea spp.*) en el Ecuador, en los últimos veinte años. Universidad Técnica de Babahoyo.

Silva, D., Saldanha, C., Martins, L., Lopes, J., y Silva, M. 2023. Coffee Production and Geographical Indications (GI): An Analysis of the World Panorama and the Brazilian Reality. Journal of Sustainable Development, 16(3):47-62. doi:https://doi.org/10.5539/jsd.v16n3p47.

Suazo, T. 2020. Caracterización morfológica y molecular de café (*Coffea arabica L.*) variedad Catrenic proveniente de las fincas CENECOOP- Fedecaruna y el Rosal de Nicaragua. Managua: Universidad Nacional autónoma de Nicaragua. Obtenido de https://repositorio.unan.edu.ni/14575/1/14575.pdf

Vázquez, Y., Vuelta, D., y Rizo, M. 2020. Estudios sobre calñidad del café (*Coffea arabica*) en la localidad de filé, municipio tercer frente, Santiago de Cuba. Ciencia en su PC, 1(2), 66-81. Obtenido de https://www.redalyc.org/journal/1813/181363909010/html/

Villacis, P., y Aguilar, T. 2016. Comportamiento agronómico de cinco variedades de café (*Coffea arábiga L.*), sometido a diferentes aplicaciones foliares de biol. Santo Domingo de los Tsáchilas - Ecuador: Tesis Ing. Universidad De Las Fuerzas Armadas ESPE. Obtenido de https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/11296/1/T-ESPE-002795.pdf

Zapata, O., Espinoza, K., Melena, N., & Moncayo, J. (2015). Caracterización Agro-morfológica de nueve variedades de café arábigo (*Coffea arábica L.*) en el cantón Caluma. Revista de Investigación Talentos, 2(2) 46-51.

REVISTA ESPAMCIENCIA para el agro

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE 20 CULTIVARES DE CAFÉ ARÁBIGO (*Coffea arabica*) EN FINCA ANDIL DE LA UNESUM

MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF 20 ARABICA COFFEE (*Coffea arabica*) CULTIVARS AT FINCA ANDIL OF UNESUM

Carlos A. Castro[1], Blanca Indacochea[1], Juan García[1], Julio Gabriel[1], María González[2]

[1]Universidad Estatal del Sur de Manabí UNESUM, km 1 ½ vía a Noboa, Campus Los Ángeles, Jipijapa Manabí, Ecuador

[2]Investigador Titular del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA)

Email: karpau2009@hotmail.es

Información del artículo

Tipo de artículo: Artículo original

Recibido: 05/07/2024

Aceptado: 15/11/2024

Licencia: CC BY-NC-SA 4.0

Revista ESPAMCIENCIA 15(E):39-47

DOI: https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v15iE.540

Resumen

La investigación tuvo como objetivo establecer las características morfológicas de 20 cultivares de café arábigo y determinar los cultivares de café que se adapten mejor a las condiciones agroecológicas de la zona sur de Manabí. En la metodología se evaluó 20 tratamientos que corresponde a los cultivares Catimor 8666 (4-3), Catuaí rojo UFV, Gheisha, Bourbón amarillo, Caturra amarillo T-3386, Catimor CIFC-P2, Catimor CIFC-P1, Castillo, Arara, Pache, Acawa, Catimor CIFC-P3, Catucaí Amarillo -2 SL, Catimor UFV-5607, Caturra rojo–Pichilingue, Catimor 8664 (2-3), Catuaí amarillo, Sarchimor 4260, Tipica, CatucaÍRojo 785-15, se utilizó el diseño experimental unifactorial completamente aleatorizado con 5 repeticiones, las variables evaluadas fueron altura de planta, diámetro de copa, número de ramas/tallos, longitud de rama intermedia y número de nudos/rama intermedia. Los resultados indican que la mayor altura de planta fue 296 cm que se presentó en el tratamiento Catimor CIFC-P2; el diámetro de copa lo presento el Pache con 200 cm; en el número de ramas por tallo el mayor correspondió al tratamiento Catuaí amarillo con 93 cm; la mayor longitud de rama intermedia la presenta el tratamiento Catimor CIFC-P2 con 103 cm; el número de nudos en rama intermedia presenta como mayor promedio al cultivar Pache con 24 nudos. Los cultivares de café que presentan características morfológicas deseables son los tratamientos Pache, Caturra rojo–Pichilingue, Acawa, Catimor 8664 (2-3) y Sarchimor 4260.

Palabras clave: germoplasma, variedad, hibrido, arábiga, morfología.

Abstract

The objective of this research was to establish the morphological characteristics of 20 Arabica coffee cultivars and determine which cultivars best adapt to the agroecological conditions of the southern region of Manabí. The methodology involved evaluating 20 treatments corresponding to the following cultivars: Catimor 8666 (4-3), Catuaí Rojo UFV, Geisha, Bourbon Amarillo, Caturra Amarillo T-3386, Catimor CIFC-P2, Catimor CIFC-P1, Castillo, Arara, Pache, Acawa, Catimor CIFC-P3, Catucaí Amarillo -2 SL, Catimor UFV-5607, Caturra Rojo–Pichilingue, Catimor 8664 (2-3), Catuaí Amarillo, Sarchimor 4260, Typica, and Catucaí Rojo 785-15. A completely randomized unifactorial experimental design with five replications was used. The evaluated variables included plant height, canopy diameter, number of branches/stems, intermediate branch length, and number of nodes per intermediate branch. The results indicate that the greatest plant height was 296 cm, observed in the Catimor CIFC-P2 treatment. The largest canopy diameter was recorded for Pache at 200 cm. The highest number of branches per stem corresponded to Catuaí Amarillo, with 93 branches. The longest intermediate branch length was found in the Catimor CIFC-P2 treatment at 103 cm. The highest average number of nodes per intermediate branch was observed in the Pache cultivar, with 24 nodes. The coffee cultivars that exhibited desirable morphological characteristics were Pache, Caturra Rojo–Pichilingue, Acawa, Catimor 8664 (2-3), and Sarchimor 4260.

Keywords: germplasm, variety, hybrid, Arabica, morphology.

INTRODUCCIÓN

El café Arábico tuvo su origen en las regiones montañosas del país que ahora es Etiopía, ubicadas entre 1300 y 2800 metros de altitud, como vegetación espontánea dentro de los bosques. Con base en registros del clima de Etiopía y de numerosas investigaciones realizadas en diferentes regiones cafetaleras del mundo se establecieron los parámetros que definen las exigencias climáticas del café. El clima influye de manera directa e indirecta en la planta de café y en el suelo principalmente a través de la lluvia, viento, temperatura, humedad relativa y horas de luz (Anzueto, 2020). El cafeto es una planta tropical que crece entre los 25° de latitud Norte y los 25° de latitud Sur, pero necesita unas condiciones ambientales muy concretas para su cultivo comercial. Son importantes la temperatura, la lluvia, el sol, el viento y el suelo, pero las exigencias son distintas según las variedades que se cultiven (International Coffee Organization, 2020).

El cafeto se produce comercialmente en más de 50 países, y en el mundo se toman más de 3000 millones de tazas al día. Se calcula que los ingresos anuales del sector del café rebasan los $200 000 millones; mientras el número de consumidores de café sigue creciendo y los productores se esfuerzan por satisfacer la demanda, la industria del café se enfrenta a retos sin precedentes y cambios en las dinámicas que controlan el cambio y la adaptación de nuevos cultivares (Centro de Comercio Internacional del café, 2022). Hoy en día, la producción de café en América Latina todavía se basa en gran medida en cultivares desarrollados a partir de las variedades Típica y Bourbon, lo que contribuye a un importante cuello de botella genético para *C. arábica*. Brasil, que representa el 40% de la producción mundial, tiene el 97,55% de los cultivares de café que se derivan de las variedades Típica y Borbón (World Coffee Research, 2019).

Coffea arabica, es la especie más cultivada en el mundo y aporta aproximadamente el 60% de la producción mundial de café de buena calidad. Dentro de las especies del género *Coffea*, solamente la especie arábica es autógama, es decir que la flores de estas tienen la capacidad de autopolinizarse, pero siempre podría suceder un máximo del 9 % de polinización cruzada o sea la intervención del polen de flores de otras plantas. La autopolinización se debe a que la especie arábica es una planta tetraploide, compuesta de células que contienen el doble de cromosomas que una célula somática normal o sean 92 cromosomas (ANACAFÉ, 2019).

A nivel internacional básicamente en Costa Rica se están evaluando variedades e híbridos de café con el fin de hacerle frente a la roya, la cual ha atacado muy severamente a las variedades tradicionales tales como Caturra y Catuaí. El cambio climático que se ha venido presentando en el país desde el año 2013 y con la aparición de nuevas razas de la roya como la 34 y 36, hacen que estas variedades sean más vulnerables por la falta de resistencia. De ahí la aparición de variedades cruzadas entre estas especies, dándose nuevas variedades. Entre ellas los Catimores que son cruces entre Caturra y híbridos de Timor, los Cavimores cruces entre Catucaí e híbridos de Timor y los Sarchimores que son cruces entre Villa Sarchi y los Híbridos de Timor. También se crearon los híbridos que son plantas producto de cruzamientos entre variedades tradicionales americanas y cafés africanos. Esto con el fin de mejorar resistencia a enfermedades y a la bebida en taza (Gómez, 2017).

La planta de cafeto es perenne y se considera que alcanza su crecimiento y productividad máxima entre los 6 y 8 años de edad; después la planta se envejece paulatinamente y su productividad disminuye a niveles de poca rentabilidad. El ritmo de envejecimiento depende de la calidad del sitio, la densidad de siembra, la intensidad de la producción, la disponibilidad de nutrimentos, la presencia de plagas y enfermedades o del estrés ambiental, entre otros. Por estas razones, el cultivo del cafeto requiere de renovaciones periódicas y programadas de los árboles después de que alcanzan su pleno desarrollo, si se quiere mantener un promedio de producción por unidad de superficie alto y rentable (Centro Nacional de Investigaciones de Café, 2021). Según el mercado de café, se recomienda las variedades Caturra y Catuaí; también, las variedades introducidas en los últimos 10 años (Lempira, Costa Rica, Obatá, Tupí, Acauá, y Castillo, entre otras) (IICA, 2019).

Al ser el cafeto una planta perenne, su propagación se hace principalmente por semilla, por tal motivo, el éxito de la futura plantación se asegura cuando se cuenta con materiales de pureza genética que garantice calidad, por esa razón se debe disponer de una semilla que provea seguridad en la inversión, que tenga la mejor calidad física y fitosanitaria posible, para que cada una exprese su mayor potencial productivo (MOCCA, 2021).

El MAG (2022) establece que la producción de café en Ecuador está concentrada en la provincia de Manabí (2.152 t), seguido por Orellana (1.683 t), Sucumbíos (1.527 t) y Loja (1.245 t). La producción de café en la provincia de Manabí se concentra principalmente en los cantones Jipijapa, Portoviejo, Olmedo, 24 de Mayo, Paján y Santa Ana, aunque existen pequeños cultivos a lo largo de casi toda la provincia, (Agencia de Promoción de Inversiones de Manabí, 2016) y (Vanegas, 2019).

Uno de los problemas que afecta a la caficultura de la zona Sur de Manabí es la presencia de cafetales viejos y no se tiene actualmente variedades nuevas probadas en el medio con un paquete tecnológico validado para ser aplicado por los agricultores, sumado a esto que las variedades que

tienen sembrado los productores de café son muy susceptibles a la roya del cafeto, que desde hace 5 años ha tenido un ataque muy significativos bajando la producción por más del 50% en algunos casos y en otros ha hecho desaparecer el cultivo.

En la zona de Jipijapa provincia de Manabí, ha sido uno de los lugares preponderantes en los cuales se ha cultivado café. Con una superficie únicamente de café, Manabí ocupa el 38,6%, Sucumbíos el 17,36%, Orellana 11,89%, El Oro 7,67%, Loja el 4,01% y la diferencia en otras provincias, la superficie asociada de café, Manabí ocupa un 24,25%, Los Ríos 17,9%, Guayas 9,22%, Esmeraldas 7,94%, Pichincha 13,90%, Bolívar un 7,05% y el resto en otras provincias productoras. La producción de arábigo, considerado de mejor calidad se concentra específicamente en Manabí, la provincia de Loja y las estribaciones de la Cordillera Occidental de los Andes, en tanto que el robusta se cultiva en la Amazonía, es decir en Sucumbíos y Orellana, en su mayor porcentaje (PROECUADOR, 2012).

La especie de *Coffea arábica L.* está identificada como café arábigo, está conformado por un conjunto de variedades e híbridos que tienen características agronómicas y productivas muy diferenciadas. Las características fenotípicas de las variedades e híbridos y de su adaptación a los diferentes ambientes, constituyen a tomar decisiones apropiadas por el productor o caficultor, como visión de establecer nuevos cafetales (Ramirez, 2016).

En la actualidad Manabí y especialmente en Jipijapa existen áreas destinadas a la producción de café, los mismos que hace varios años han venido presentando deterioro de las plantaciones por falta de mantenimiento o abandono de los campos y por la presencia de enfermedades como la roya que causa defoliación en la planta y hasta muerte de la misma.

El objetivo de la investigación fue establecer las características morfológicas de 20 variedades e híbridos de café arábigo de alto valor genético y determinar las variedades e híbridos promisorios de café que se adapten mejor a las condiciones agroecológicas de la zona Sur de Manabí.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la Finca Andil de la Universidad Estatal del Sur de Manabí UNESUM, ubicada en el Cantón Jipijapa, provincia de Manabí, que se encuentra a 80º 34' de longitud oeste y 1º 19' de latitud sur, ubicada en el bosque tropical seco según la clasificación de Holdrige.

Material experimental

Se emplearon 20 cultivares de café arábigo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cultivares de café arábigo

N°	Tratamientos cultivares de café arábigo
1	Catimor 8666 (4-3)
2	Catuaí rojo UFV.
3	Gheisha.
4	Bourbón amarillo.
5	Caturra amarillo T-3386.
6	Catimor CIFC-P2.
7	Catimor CIFC-P1.
8	Castillo.
9	Arara.
10	Pache.
11	Acawa.
12	Catimor CIFC-P3.
13	Catucaí Amarillo -2 SL.
14	Catimor UFV-5607.
15	Caturra rojo – Pichilingue.
16	Catimor 8664 (2-3).
17	Catuaí amarillo.
18	Sarchimor 4260.
19	Tipica.
20	CatucaíRojo 785-15.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental unifactorial completamente aleatorizado con 5 repeticiones.

Características del experimento.

- Número de cultivares: 20.
- Número de cafetos por unidad experimental: 21.
- Distancia de siembra de los cafetos: 2,0 m x 1,50 m.
- Densidad poblacional de los cafetos: 3.333 plantas/hectárea.

Variables estudiadas

Características morfológicas cuantitativas

Número de ramas /tallos (N°)

Se contó directamente el número de ramas existentes en cada uno de los cafetos.

Longitud de rama intermedia (cm)

Se identificó una rama ubicada en la parte intermedia del cafeto, a la cual se le midió su longitud, con el empleo de una regla graduada, en centímetros (cm).

Número de nudos / rama intermedia (N°)

En la rama intermedia marcada, se determinó mediante conteo directo, el número de nudos existentes.

Características agronómicas cuantitativas

Altura de planta (cm)

Se midió en centímetros (cm), desde el suelo hasta el ápice del tallo principal, usando una regla graduada.

Diámetro de copa (cm)

Con el empleo de una regla graduada, se midió la rama bajera más larga del cafeto, en centímetros (cm).

Manejo del experimento

El manejo del cultivo se realizó, teniendo como principio fundamental las buenas prácticas agrícolas, enfatizando en la aplicación trimestral de las podas de los cafetos, el control de malezas y el control de plagas y enfermedades, según los requerimientos del cultivo.

Fertilización del cafeto

Se realizó la fertilización del cafeto con la aplicación de 30 gramos de abono completo y 20 gramos de urea por planta aplicados en corona.

Control de malezas

Se efectuó el control de malezas con la aplicación del herbicida GOAL en dosis de 1 litro por hectárea y además se efectuaron tres controles manuales de malezas acompañados de podas de la sombra temporal como es el plátano.

Poda de cafeto

Se efectuó una poda del cafeto para eliminar las ramas bajeras secas y además de los chupones que salen en las plantas de cada una de las 20 variedades e híbridos de café arábigo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El mejoramiento genético de especies vegetales, y en particular del café, se ha hecho basado en características visibles o medibles (Fenotipo), por ejemplo, la resistencia a la roya, el tamaño del grano o la producción. Tales características dependen de la información contenida en el genoma de la especie. Es por ello que un mejor conocimiento del genoma puede hacer más eficiente el mejoramiento genético del cultivo, en la medida que permita la identificación de las regiones que contienen los genes que gobiernan tales caracteres (Cortina *et al*., 2013).

El germoplasma es la materia prima para el mejoramiento genético y contiene la diversidad con la que se pueden afrontar los retos presentes y futuros de un cultivo, con el desarrollo de variedades. El germoplasma de una especie está constituido por todos los genotipos taxonómicamente cercanos, con los cuales pueden recombinarse genes por hibridación o cruzamiento (Cortina *et al*. 2013).

Para establecer el manejo adecuado del cultivo de café se requiere un amplio conocimiento de la planta en lo que respecta a su crecimiento, desarrollo y producción, así como de los factores que los afectan. Expresado en términos más simples, el éxito del cultivo del café depende de la cantidad y la calidad de su crecimiento, de tal forma que, si éstos son óptimos, los rendimientos en producción serán buenos y excepto en situaciones económicas especiales se obtendrán ganancias, contrario a lo que ocurre cuando el crecimiento del cultivo es deficiente (Arcila, 2018).

Los datos obtenidos de la caracterización morfológica y agronómica fueron analizados utilizando el programa InfoStat/Profesional Versión 2007p (InfoStat 2020). Para realizar el análisis estadístico de los 20 cultivares de café arábigo, se realizó un análisis de normalidad y homogeneidad de los datos, además se utilizó un diseño experimental unifactorial completamente aleatorizado.

Las características morfológicas cuantitativas número de ramas por tallo, longitud de rama intermedia y número de nudos en rama intermedia presentaron coeficientes de variación (CV) de 26,47; 17,92; 19,82 en su orden, mientras que las agronómicas la altura de la planta (CV = 12,07) y el diámetro de copa (CV = 11,30). Estos valores de los CV indican que los 20 cultivares de café arábigo de la UNESUM presentan mayor variabilidad en las características morfológicas, pero una menor variabilidad en las características agronómicas.

Características morfológicas cuantitativas

Las variedades de introgresión son aquellas que poseen algunos rasgos genéticos de otra especie, en este caso, *C. canephora* o Robusta, aunque, en ocasiones, también *C. liberica*. ("Introgresión" significa "traído.") En la década de 1920, una *C. arabica* y una *C. canephora* en la isla de Timor Oriental se reprodujeron sexualmente para crear un nuevo material, que ahora se conoce como Híbrido de Timor. Este material era una variedad Arábica que contenía genes de *C. canephora* que permitió que las plantas tuvieran resistencia à la roya. Los expertos en café se dieron cuenta del valor de esta resistencia à la roya y comenzaron a usar el Híbrido de Timor en experimentos para crear nuevas variedades que podrían ser resistentes à la roya. Seleccionaron diferentes "líneas" de Híbrido de Timor y, a continuación, las cruzaron con variedades Arábicas de alto rendimiento y de porte bajo, Caturra y Villa Sarchí. Estos cruces (Híbrido de Timor X Caturra, y Híbrido de Timor X Villa Sarchí) llevaron à la creación de los dos grupos principales de las variedades Arábicas introgresadas: Catimores y Sarchimores. Es importante señalar que, contrariamente a la creencia común, ni

Catimor, ni Sarchimor son en sí mismas, distintas variedades individuales (World Coffee Research, 2023).

Número de ramas por tallos (Nº)

El cuadro presenta la prueba de Tukey al 0,05% efectuada para número de ramas por tallos, se puede notar que existen dos rangos de significación estadística, el rango más elevado corresponde al cultivar 17 representado por Catuaí amarillo con 93,25 ramas y el rango más bajo se presentó en el cultivar 8 representado por el cultivar Castillo con 43,50 ramas, esto debido posiblemente a que poseen mejores características foliares que el resto de tratamientos, lo que hace que estos tratamientos tengan mayor cantidad de frutos o rendimiento debido a que cada rama de las plantas de café poseen frutos según su manejo agronómico.

Cuadro 2. Valores promedios y prueba de Tukey realizada de número de ramas por tallo (Nº) en 20 cultivares de café arábigo.

Nº	Tratamientos	Promedios
17	Catuaí amarillo.	93,25 a
2	Catuaí rojo UFV.	89,20 a
19	Tipica.	85,40 ab
16	Catimor 8664 (2-3).	83,20 ab
20	CatucaÍRojo 785-15.	79,67 ab
15	Caturra rojo – Pichilingue	77,60 ab
9	Arara.	77,00 ab
3	Gheisha.	75,00 ab
5	Caturra amarillo T-3386.	71,40 ab
18	Sarchimor 4260.	68,00 ab
4	Bourbón amarillo.	67,25 ab
11	Acawa.	66,20 ab
12	Catimor CIFC-P3.	66,00 ab
14	Catimor UFV-5607.	63,25 ab
10	Pache.	62,00 ab
13	Catucaí Amarillo -2 SL.	61,20 ab
1	Catimor 8666 (4-3)	56,60 ab
6	Catimor CIFC-P2.	56,00 ab
7	Catimor CIFC-P1.	52,00 ab
8	Castillo.	43,50 b
	Tukey 0,05%	**42,75**
	C.V.%.	**26,47**

Longitud de rama intermedia

El cuadro 3, presenta los valores promedios y la prueba de Tukey al 0,05% de probabilidades para la variable longitud de rama intermedia, aquí se observa que existen tres rangos de significación estadística, el rango más elevado está representado por el cultivar 6 que corresponde a Catimor CIFC-P2 con 103,50 rama y el rango más bajo se presentó en el cultivar 7 que corresponde a Catimor CIFC-P1 con 50,33 rama. Esto permite indicar que al poseer mayor longitud de rama tendrá mayor cantidad de nudos por rama y frutos por nudo; lo que redundará en mejorar los ingresos económicos por la venta del café.

Cuadro 3. Valores promedios y prueba de Tukey realizada de longitud de rama intermedia (cm) de 20 cultivares de café arábigo.

Nº	Tratamientos	Promedios
6	Catimor CIFC-P2.	103,50 a
4	Bourbón amarillo.	95,25 ab
3	Gheisha.	90,00 ab
15	Caturra rojo – Pichilingue	85,80 ab
8	Castillo.	83,00 ab
11	Acawa.	81,00 abc
19	Tipica.	80,60 abc
12	Catimor CIFC-P3.	78,33 abc
18	Sarchimor 4260.	78,00 abc
1	Catimor 8666 (4-3)	77,00 abc
13	Catucaí Amarillo -2 SL.	77,00 abc
16	Catimor 8664 (2-3).	76,60 abc
17	Catuaí amarillo.	76,25 abc
14	Catimor UFV-5607.	73,75 abc
5	Caturra amarillo T-3386.	72,50 abc
10	Pache.	72,40 abc
20	CatucaÍRojo 785-15.	70,33 bc
9	Arara.	68,25 bc
2	Catuaí rojo UFV.	67,00 bc
7	Catimor CIFC-P1.	50,33 c
	Tukey 0,05%	**32,33**
	C.V.%.	**17,92**

Número de nudos en rama intermedia (Nº)

El cuadro 4 presenta los valores promedios y la prueba de Tukey al 0,05% efectuado para número de nudos en rama intermedia, aquí se observa que se presentan dos rangos de significación estadística, el rango más elevado corresponde al cultivar 10 representado por Pache con promedio de 24,80 nudos y el rango más bajo se presentó en el cultivar siete que está representado por Catimor CIFC-P1 con 14,33 nudos, esto indica que al tener mayor número de nudos podrá tener mayos cantidad e frutos pro rama y planta.

Cuadro 4. Valores promedios y prueba de Tukey realizada de número de nudos en rama intermedia (Nº) de 20 cultivares de café arábigo.

Nº	Tratamientos	Promedios
10	Pache.	24,80 a
15	Caturra rojo – Pichilingue	23,00 ab
11	Acawa.	22,80 ab
16	Catimor 8664 (2-3).	22,40 ab
18	Sarchimor 4260.	22,40 ab
12	Catimor CIFC-P3.	22,00 ab
14	Catimor UFV-5607.	21,50 ab
19	Tipica.	21,20 ab
5	Caturra amarillo T-3386	20,60 ab
20	CatucaÍRojo 785-15.	20,00 ab
13	Catucaí Amarillo -2 SL.	19,80 ab
17	Catuaí amarillo.	19,75 ab
1	Catimor 8666 (4-3)	19,60 ab
4	Bourbón amarillo.	19,25 ab
6	Catimor CIFC-P2.	18,75 ab
8	Castillo.	18,50 ab
3	Gheisha.	17,80 ab
2	Catuaí rojo UFV.	17,20 ab
9	Arara.	17,00 ab
7	Catimor CIFC-P1.	14,33 b
	Tukey 0,05%	**9,25**
	C.V.%.	**19,82**

Se debe considerar que las variedades mejoradas de alta productividad son exigentes en su demanda de nutrientes por lo que debe implementarse un adecuado plan de manejo de fertilización y enmiendas (fertilizantes, cales agrícolas y abonos orgánicos) (ANACAFÉ, 2019).

Los resultados obtenidos se sustentan en lo indicado por Milla *et al*. (2019) quienes indican que en investigación realizada sobre características morfológicas de variedades de café cultivadas en condiciones de sombra demuestra que el comportamiento agronómico del café medido en altura de planta (A), número de hojas (NH), diámetro del tallo (DT) y estado general de la planta (EP), está relacionado con la forma en la que interactúan sus componentes (especie de sombra y variedad de café).

Características agronómicas cuantitativas

Altura de planta (cm)

El cuadro 5, presenta la prueba de Tukey al 0,05% de probabilidades efectuada para los datos tomados de altura de planta, aquí se observa que existen cinco rangos de significación estadística, la mayor altura de planta la presenta el cultivar 6 que corresponde a Catimor CIFC-P2 con promedio de 296,75 cm, y el rango más bajo corresponde al cultivar 10 representado por el cultivar Pache con 147,20 cm.

Se debe seleccionar la variedad de café tomando en cuenta su potencial genético, así como las condiciones climáticas y edáficas del lugar en las cuales esta variedad se adapta (ANACAFÉ, 2019).

Cuadro 5. Valores promedios y prueba de Tukey realizada de altura de planta (cm).

Nº	Tratamientos	Promedios
6	Catimor CIFC-P2.	296,75 a
3	Gheisha.	244,80 ab
15	Caturra rojo – Pichilingue	224,20 bc
19	Tipica.	223,00 bc
13	Catucaí Amarillo -2 SL.	212,80 bcd
11	Acawa.	196,80 bcde
4	Bourbón amarillo.	192,00 bcde
16	Catimor 8664 (2-3).	190,80 bcde
17	Catuaí amarillo.	185,25 cde
1	Catimor 8666 (4-3)	185,20 cde
14	Catimor UFV-5607.	185,00cde
8	Castillo.	184,50 cde
5	Caturra amarillo T-3386.	183,20 cde
20	CatucaÍRojo 785-15.	181,00 cde
2	Catuaí rojo UFV.	178,80 cde
12	Catimor CIFC-P3	178,33 cde
7	Catimor CIFC-P1.	172,33 cde
9	Arara	170,25 cde
18	Sarchimor 4260.	159,60 de
10	Pache.	147,20 e
	C.V.%.	**12,07**

Diámetro de copa (cm)

El cuadro 6 presenta la prueba de Tukey al 0,05% efectuada para diámetro de copa, aquí se observa que existen cinco rangos de significación estadística, el rango más elevado corresponde al cultivar 6 que corresponde a Catimor CIFC-P2 con 200,25 cm, y el rango más bajo se presentó en el cultivar 7 que está representado por Catimor CIFC-P1 con 121,17 cm.

Cuadro 6. Valores promedios y prueba de Tukey realizada de Diámetro de copa (cm).

Nº	Tratamientos	Promedios
6	Catimor CIFC-P2.	200,25 a
3	Gheisha.	183,60 ab
8	Castillo.	176,50 abc
15	Caturra rojo – Pichilingue	169,20 abcd
11	Acawa.	163,20 abcd
13	Catucaí Amarillo -2 SL.	155,20 bcde
17	Catuaí amarillo.	153,00 bcde
12	Catimor CIFC-P3.	150,67 bcde
18	Sarchimor 4260.	146,80 bcde
1	Catimor 8666 (4-3)	146,40 bcde
4	Bourbón amarillo.	145,25 bcde
5	Caturra amarillo T-3386.	144,40 bcde
16	Catimor 8664 (2-3).	144,20 bcde
10	Pache.	142,60 cde
19	Tipica.	141,80 cde
14	Catimor UFV-5607.	141,25 cde
20	CatucaÍRojo 785-15.	139,00 cde
2	Catuaí rojo UFV.	137,80 cde
9	Arara.	130,75 de
7	Catimor CIFC-P1.	121,17 e
	C.V.%.	**11,30**

Cada variedad de café posee un potencial genético, el cual se refleja en la productividad, siempre y cuando, vaya acompañado del adecuado y oportuno manejo agronómico (ANACAFÉ, 2019).

El café con sombra es un sistema importante que bien manejado genera ingresos a las familias campesinas, pero también garantiza servicios como: la regulación del ciclo hidrológico, conservación de biodiversidad, captura de carbono, protección de suelos ante la erosión, suministro de leña, madera, alimentos y productos no maderables, y valores paisajísticos y de recreación (López, 2020). Además, se indica que es esencial para fines ecológicos, promover café cultivado bajo sombra. En tal sentido se recomienda garantizar la plantación de café con otras especies complementarias que servirán como sombra, pero que también producirán servicios, productos y diferentes tipos de manejo ambiental.

En la caficultura los productores deben gestionar los costos de producción representados en mano de obra e insumos, para obtener un margen bruto positivo después de comercializar su café al precio vigente en ese momento. Se constituye en premisa obtener altos niveles de productividad para hacer un eficiente uso de los factores de producción. El caficultor toma decisiones para diseñar

su sistema de producción, la variedad a sembrar, el número de árboles por hectárea (densidad de siembra), la duración del ciclo de producción, generalmente entre cinco y siete años. Sobre la agronomía del cultivo, desde las épocas de siembra hasta el momento propicio para realizar las labores de mantenimiento del cultivo, el resultado de dichas decisiones se expresa en el rendimiento del cultivo, es decir, en la eficiencia técnica y en el costo unitario (Centro Nacional de Investigaciones de Café, 2023).

La altura de planta presenta un rango entre 296 cm con el cultivar Catimor CIFC-P2 y 147 cm con el cultivar Pache. El diámetro de copa está liderado por el cultivar Pache con 200 cm y el más bajo lo obtuvo el cultivar Catimor CIFC-P1 con 121 cm. El mejor promedio de número de ramas por tallo lo presentó el cultivar Catuaí amarillo con 93 cm y el más bajo se presentó en el cultivar Castillo con 43 cm. La longitud de rama intermedia presenta como mayor valor al cultivar Catimor CIFC-P2 con 103 cm y valor más bajo el cultivar Catimor CIFC-P1 con 50 cm, esto con densidades poblacionales de 3333 plantas/ha. El número de nudos en rama intermedia presenta como mejor al Pache con 24 nudos y el valor más bajo en el cultivar Catimor CIFC-P1 con 14 nudos por rama.

Estos datos son corroborados por (Barrezueta, 2018), quien indica que las ramas laterales primarias del café se originan de yemas en las axilas de las hojas en el tallo central, estas ramas se alargan continuamente y son producidas a medida que el eje central se alarga y madura; las ramas primarias plagiotrópicas dan origen a otras ramas que se conocen como secundarias y terciarias, en estas ramas se producen hojas, flores y frutos.

Las variedades e híbridos promisorios de café que se adaptan mejor y presentan características morfológicas deseables a las condiciones agroecológicas de la zona Sur de Manabí son los cultivares Pache, Caturra rojo – Pichilingue, Acawa, Catimor 8664 (2-3) y Sarchimor 4260.

Además de considerar lo indicado por (ICAFÉ, 2020), quienes indican que la Altitud incide en forma directa sobre los factores de temperatura y precipitación; la altitud óptima para el cultivo de café se localiza entre los 500 y 1800 msnm, por encima de este nivel altitudinal se presentan fuertes limitaciones en relación con el desarrollo de la planta. Estos resultados son corroborados por (Anzueto, 2020), quien da a conocer que para el café arábico el rango de aptitud ideal corresponde a una temperatura media anual entre 19 y 22 grados centígrados (°C), y para una condición de aptitud normal entre 18 y 23°C. Las altas temperaturas ambientales y la falta de agua en determinados momentos del crecimiento del fruto y de los granos pueden afectar su normal desarrollo.

Además, estos resultados se justifican porque en investigación realizada por (González & Duff, 2023) sobre estimación del Área Foliar y su Relación sobre algunos Caracteres Agro-Morfológicos en Variedades de *C. arabica* L. estos indican que el índice de área foliar (IAF) influyó directamente sobre la productividad de las variedades de cafetos estudiados de manera entre mayor fue ésta mayor fue el potencial de producción, así mismo se encontró que influye sobre las características fenotípicas de la planta como la altura de la planta (AP) y tamaño de la rama productiva (TRP), por otra parte, mediante el número de frutos por planta (NFP) y la constante que se utilizó para convertir el índice de área foliar (IAF) de cm^2 a m^2 en cada cafeto se creó la bases para el desarrollo de una metodología que permitió hacer estimación de cosecha de forma precisa y confiable. Las variedades más productivas fueron Típica, Costa Rica 95 y Centroamericano. El uso de una herramienta para la estimación del área foliar el cafeto como Bio-Elíptica es fundamental para el diseño de técnicas agronómicas orientadas al mejoramiento de aquellos factores o componentes que presenten mayor incidencia en la producción.

Además, los resultados obtenidos en esta investigación se fundamentan en lo expresado por Julca-Otiniano *et al*. (2023), quienes indican que se espera tener información disponible en nuestro país, del comportamiento de las 35 variedades como Ruiru, Paraíso, Kartila 1, Batian, Andungsari, Catiga MG2, USDA 762, que vienen siendo evaluadas en el marco del ensayo mundial de variedades, ejecutada por WCR y que en nuestro país coordina la JNC. De igual manera de las 46 variedades introducidas en el 2021 por el INIA desde el CATIE de Costa Rica y que se encuentran bajo cuarentena en la EE Pichanaki en la selva central, para su posterior evaluación en el campo. La introducción de germoplasma, como método de mejoramiento genético, será la mejor estrategia a seguir, para conseguir variedades e híbridos de café mejorados y adaptados a las condiciones agroecológicas de donde se los siembra.

Los rendimientos y la calidad del café están influenciados por la temperatura, la humedad relativa, la sanidad, las condiciones del suelo y el manejo agronómico y fitosanitario. El municipio de Las Sabanas se ubica en un territorio de topografía irregular, con elevaciones que oscilan entre los 1.000 y los 1.735 m.s.n.m. El clima cambia en función de la altitud: tipo tropical seco en las zonas bajas, y tropical húmedo en las partes más elevadas y montañosas (Morán & Jiménez, 2023)

Los Sarchimores, son las variedades resultantes del cruce de Villa Sarchi x Hibrido de Timor- 2 y también se han introducido al Perú, pero no hay muchas referencias documentadas sobre su comportamiento en el país y en términos generales, se asume que son iguales que los

Catimores y se dice que son de buen rendimiento, resistentes a la roya; pero de mala calidad de taza (Julca-Otiniano *et al*. 2023).

Investigaciones demuestran que el comportamiento agronómico del café medido en altura de planta (A), número de hojas (NH), diámetro del tallo (DT) y estado general de la planta (EP), está relacionado con la forma en la que interactúan sus componentes (especie de sombra y variedad de café). Tal es el caso de la variedad Castillo que bajo la sombra de P. tecunumanii y C. glandulosa mostró un mejor desarrollo, mientras, la variedad Maragogipe tanto con sombra de E. torreliana como con sombra de C. glandulosa muestra un deficiente comportamiento agronómico. En líneas generales, los resultados reflejan el potencial de las especies forestales usadas como sombrío de los cafetales, sin embargo, es fundamental ampliar el estudio de sus bondades (Milla *et al*. 2019).

Investigaciones para conocer la influencia del área foliar sobre algunas características agro-morfológicas en el cafeto (*Coffea arabica* L.) permitieron evaluar el índice de área foliar (IAF) con la App para Android® BioElíptica junto con otras variables morfométricas en las variedades Típica, Borbón, Caturra, Maragogipe, Marsellesa, Centroamericano, Catimor, Costa Rica 95 y Pacas en el municipio de Ángel Albino Corzo, Chiapas, México a una altitud de 950 m.s.n.m. Se encontró que la variedad Costa Rica 95 presentó un mayor índice de área foliar (IAF) y se relacionó con un mayor número de frutos por planta (NFP) pero un menor tamaño de la rama productiva (TRP) además se encontró que esta variedad necesita de 11,44 cm^2 de área foliar para producir un fruto. La variedad Maragogipe presentó el menor índice de área foliar (IAF) y se relacionó con la mayor cantidad de área foliar para producir un fruto (AFPF). Se encontró relación entre el índice de área foliar (IAF) sobre el número de ramas (NR) (González & Duff, 2023).

CONCLUSIONES

Los materiales de cafeto que presentan las características morfológicas deseables para ser identificadas como promisorias sembradas en la Finca Andil de la UNESUM y que se adaptan a las condiciones agroclimáticas de la zona sur de Manabí son Catimor CIFC-P2; Pache; Catuaí y Catimor CIFC-P2.

Los cultivares de café que se adaptan mejor y presentan características agronómicas deseables para la zona Sur de Manabí son el Pache, Caturra rojo – Pichilingue, Acawa, Catimor 8664 (2-3) y Sarchimor 4260.

LITERATURA CITADA

Agencia de Promoción de Inversiones de Manabí. 2016. Café. Carácteristicas del producto. Obtenido de Agencia de Promoción de Inversiones de Manabí: http://www.aprim.gob.ec/Expor_cafe2-0.php

ANACAFÉ. 2019. Guia de Variedades de cafè. Guatemala: ANACAFÉ Asociaciòn Nacional del café.

Anzueto, F. 2020. Guía de Buenas Prácticas en el cultivo del café para la adaptaciòn al cambio climàtico. Fundación Hanns R. Neumann Stiftung.

Arcila, J. 2018. Crecimiento y desarrollo de las plantas de cafè. Colombia: CENICAFE Centro Nacional de Investigadores de café. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. .

Barrezueta, S. M. 2018. Análisis del cacao y café ecuatoriano desde su cadena de valor en el periodo 2010-2015. Revista Científica Agroecosistemas, 6(3):6-17.

Centro de Comercio Internacional del café. 2022. La guía del café. Cuarta Edición. Ginebra. Suiza: Centro de Comercio Internacional (ITC). Organización Mundial del Comercio y las Naciones Unidas.

Centro Nacional de Investigaciones de Café. 2021. Guía más agronomía, más productividad, más calidad (3a ed.). Colombia: Centro Nacional de Investigaciones de Café Cenicafé.

Centro Nacional de Investigaciones de Café. 2023. Informe Anual CENICAFÈ 2023. Colombia: CENICAFÈ y Federaciòn Nacional de Cafeteros de Colombia .

Cortina, H., Acuña, J., Moncada, M., Herrera, J., & Molina, D. 2013. Variedades de café. Desarrollo de Variedades. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura (Vol. 1). Cenicafé. https://doi.org/10.38141/cenbook-0026_09 , pp, 169 - 202.

Gómez, L. 2017. Variedades e Hibridos de café en Costa Rica. REvista El Cafetalero. Al servicio de a caficultura, 1-7. Obtenido de http://www.revistaelcafetalero.com/variedades.html

González, A. & Duff, J. 2023. Estimación del Área Foliar y su Relación sobre algunos Caracteres Agro-Morfológicos en Variedades de C. arabica L. en Ángel Albino Corzo, Chiapas, México. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar. 7(4): 7313 - 7331.

ICAFÉ (Instituto del Café de Costa Rica). 2020. Guía técnica para el cultivo del café / ICAFE. -- segunda edición. Heredia - Costa Rica: Instituto del Café de Costa Rica ICAFÉ.

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2019. Manual de Producción Sostenible de Café en la República Dominicana. República Dominicana: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA.

International Coffee Organization. 2020. Ecologìa del café. Obtenido de International Coffee Organization: http://www.ico.org/es/ecology_c.asp

Julca-Otiniano, A., Alvarado-Huamán, L., Borjas-Ventura, R., Castro-Cepero, V., León Rojas, F., Valderrama Palacios, D., & Bello Amez, S. 2023. Variedades de café (Coffea arabica), una revisión y algunas experiencias en el Perú. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales. RIIARn.10(2):134 - 155.

López, N. 2020. Buenas prácticas productivas y ambientales, usando hongos entomopatógenos para el control de plagas y enfermedades. Amigos de la Tierra España. Fundación Ecología y Desarrollo (ECODES). Instituto de Promoción Humana - Somoto - (INPRHU- Somoto). Madriz - Nicaragua: Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID).

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador). 2022. Boletin situacional café [Coffee situational bulletin]. . Obtenido de Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador: https://n9.cl/np3mu

Milla, M., Oliva, S., Leiva, S., Collazos, R., Gamarra, O., Barrena, M., & Maicelo, J. 2019. Características morfológicas de variedades de café cultivadas en condiciones de sombra. Acta Agronómica 68 (4):271-277.

Morán, J., & Jiménez, E. 2023. Caracterización de sistemas productivos de café (Coffea arabica L.) en la Reserva Natural Tepec-Xomolth, Madriz, Nicaragua. Siembra.10(1):1-12.

MOCCA (Maximizando Oportunidades en Café y Cacao en las Américas). 2021. Semilleros y viveros de café - Asegurando el éxito futuro de su plantación . Proyecto Maximizando Oportunidades en Café y Cacao en las Américas (MOCCA).

Ramirez, F. 2016. Módulo 2. Variedades e Híbridos de café. Obtenido de Gobierno de Pichincha. Eficiencia y seguridad.: http://www.pichincha.gob.ec/phocadownload/prog_cafe_altura/escuela_cafe_presentacion_modulo_2.pdf

Vanegas, F. 2019. Producción de café en Manabí Ecuador sigue en crecimiento. Retrieved from Yo amo el café de Colombia By Coffee Media: https://www.yoamoelcafedecolombia.com/2019/01/14/produccion-de-cafe-en-manabi-ecuador-sigue-en-crecimiento/#:~:text=Manab%C3%AD%20es%20una%20de%20las,60kg%20producidos%20en%20el%20Pa%C3%ADs.

World Coffee Research. 2019. Las variedades del Café Arábica. Un catálogo global de variedades que abarca: Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Jamaica, Kenia, Malawi, Nicaragua, Panamá, Perú, República Dominicana, Rwanda, Uganda, Zambia, Zimbabue. World Coffee Research. varieties.worldcoffeeresearch.org. Obtenido de varieties.worldcoffeeresearch.org

World Coffee Research. 2023. Variedades de café arábicas. Un catálogo global de las variedades de café Arábica de todo el mundo. Santa Ana, El Salvador: World Coffee Research.

PROECUADOR (Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones). 2012. Análisis sectorial del café. Obtenido de: http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2013/05/PROEC_AS2013_CAFE.pdf

REVISTA ESPAMCIENCIA para el agro

AVANCES EN LA CARACTERIZACIÓN DE TRES VARIEDADES DE CAFÉ, EN LA PARROQUIA LODANA, SANTA ANA – MANABÍ

ADVANCES IN THE CHARACTERIZATION OF THREE COFFEE VARIETIES IN LODANA PARISH, SANTA ANA – MANABÍ

Horley Cañarte García[1], Robisson Ceme Macias[1], Junior Cañarte Parrales[2]

[1]Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Dirección: Av. Circunvalación - Vía a San Mateo Manta - Manabí - Ecuador
[2]Técnico externo

Email: francisco.canarte@uleam.edu.ec

Información del artículo

Tipo de artículo: Artículo original

Recibido: 05/06/2024

Aceptado: 15/11/2024

Licencia: CC BY-NC-SA 4.0

Revista ESPAMCIENCIA 15(E):48-55

https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v15iE.542

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo evaluar los avances en la caracterización de tres variedades de café en la parroquia Lodana, cantón Santa Ana, provincia de Manabí. Entre los objetivos específicos, se incluyen: analizar el comportamiento de las variedades bajo las condiciones climáticas locales, determinar la productividad de cada una de ellas, e identificar las variedades más susceptibles a enfermedades que puedan afectar al cultivo. El café es una de las principales actividades agrícolas del país, destacándose entre las diez con mayor superficie sembrada y cultivado en casi todas las provincias.Para ello, se utilizó un Diseño de Bloques Completamente Aleatorizados (DBCA) con tres repeticiones, y cada unidad experimental consistió en 50 plantas de las variedades de café arábiga: Sachimor, Manabí 01 y Typica. El estudio incluyó una población de 450 plantas, sembradas a una distancia de 1.30 metros entre plantas y 2 metros en hilera, con una duración de 2 años, lo que permitió obtener datos confiables. Los resultados muestran que las variedades que mejor se adaptaron a las condiciones edafoclimáticas del área fueron Sachimor y Manabí 01. De estas, la variedad Sachimor destacó por su mayor productividad, alcanzando una producción de 15.585 gramos. Por otro lado, la variedad Typica, a pesar de ser originaria de la zona, mostró un rendimiento significativamente inferior.

Palabras clave: adaptación agronómica, rendimiento, variedades de café, arábiga, genética.

Abstract

The present study aims to evaluate the advances in the characterization of three coffee varieties in Lodana Parish, Santa Ana Canton, Manabí Province. The specific objectives include analyzing the behavior of the varieties under local climatic conditions, determining the productivity of each, and identifying the varieties most susceptible to diseases that may affect the crop. Coffee is one of the country's main agricultural activities, ranking among the top ten in cultivated areas and grown in almost all provinces. For this purpose, a Completely Randomized Block Design (CRBD) with three replications was used, and each experimental unit consisted of 50 plants of the Arabica coffee varieties: Sachimor, Manabí 01, and Typica. The study included a population of 450 plants, planted at a spacing of 1.30 meters between plants and 2 meters in rows, over a duration of two years, allowing for reliable data collection. The results show that the varieties best adapted to the soil and climatic conditions of the area were Sachimor and Manabí 01. Among them, the Sachimor variety stood out for its higher productivity, reaching a production of 15,585 grams. On the other hand, despite being native to the region, the Typica variety showed a significantly lower yield.

Keywords: agronomic adaptation, yield, coffee varieties, Arabica, genetics.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del café a nivel mundial se encuentra en 56 países como Asia, África y América, OIC (2016). Las 6000 especies que están en la familia Rubiáceas siendo dos especies relevantes en la economía: *Coffea arabica* cuenta con 60 a 70% de la producción mientras que *Coffea canephora* está en el 30 al 40% (Anacafé, 2016).

El cultivo de café o los cafetos son plantas estimulantes, esta explotación o rubro es uno de los mas difundidos en el mundo debido a, su importancia en la economía, lo que le permite ocupar grandes espacios o áreas en zonas montañosas y boscosas de América y África (Vera *et al*., 2022).

Una de las principales actividades agrícolas que se realizan en el Ecuador es el cultivo de café, pues está entre los diez cultivos con mayor superficie, además, se produce casi en todas las provincias del país. Además, durante los últimos 15 años se ha ubicado entre los primeros nueve cultivos con mayor superficie cosechada (Recimundo, 2018).

Ecuador cuenta con un notable potencial para la producción de café debido a la diversidad de ecosistemas y su ubicación geográfica. Además, presenta una amplia variedad de climas que fluctúan según la geografía y las temperaturas de cada zona, influenciadas por factores como la altitud, la localización y, especialmente, la presencia de la Cordillera de los Andes y la influencia del océano (Jiménez-Torres y Massa-Sánchez, 2015).

El café Arábigo surge de un amplio proceso de selección en cuanto a variedades que empezó hace aproximadamente 300 años con las variedades tradicionales ya conocidas: Típica y Bourbon que son la base genética que cuentan con un bajo polimorfismo, lo que se demuestra y se ha confirmado en diversos estudios en cuanto a la diversificación genética y marcadores moleculares (Julca *et al*., 2023)

El cafeto es un arbusto, perennifolio, de tronco recto que llega a medir 10 metros en estado silvestre, cuando se realiza un buen manejo del cultivo se los mantiene a tres metros (Ecofran, 2015). Tiene una raíz pivotante de un metro de profundidad, y sus secundarias están entre los 30 centímetros, su tallo principal da origen a las ramas plagiotropas primarias. Sus yemas seriadas son brotes ortótropos, estas yemas pueden aumentar con el paso del tiempo del café. Sus hojas son opuestas y alternas en el tallo, teniendo un color verde oscuro y brillante en la parte superior con un verde claro en el interior, ovales y terminan en punta.

La baja producción en el país es: por cafetales longevos, áreas improductivas, falta de apoyo a los pequeños productores, las condiciones edafoclimáticas inapropiadas y debilidad en la cadena de café, según la red de investigación y desarrollo cafetalero (REDUCAFE, 2017). Para mitigar estos acontecimientos en el área cafetalera se han integrado diez Universidades ecuatorianas en la Red Universitaria de Investigación y Desarrollo Cafetalero (REDUCAFE, 2017).

Conocer la fenología del cultivo del café permite a los investigadores y productores conocer e identificar las estructuras de la planta que se consideran como componentes de rendimiento, esto permite evaluar métodos que estiman la producción (Rendón y Montoya, 2008).

El análisis de los factores físicos, biológicos, socioeconómicos e institucionales es una herramienta clave para identificar las potencialidades y oportunidades que, a menudo, los agricultores no logran percibir, sirviendo como base para un desarrollo que responda a problemas reales y a necesidades específicas (Medina-Melendez *et al*., 2016).

Este trabajo tuvo como objetivo principal determinar el comportamiento agronómico de tres variedades de café, en la localidad del sitio Lodana, mediante la evaluación del comportamiento agronómico de tres variedades de café bajo las condiciones climáticas, determinando la productividad de las tres variedades de café arábiga e identificando las variedades susceptibles a enfermedades patógenas que afecten al cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en la parroquia Lodana, ubicada en el cantón Santa Ana, provincia de Manabí, específicamente en la finca experimental Lodana de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, con las coordenadas geográficas: latitud 10°18'33" Sur, longitud 80°38'52" Oeste y a una altitud de 47 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m).

El cultivo evaluado tuvo una edad de 2 años y una duración correspondiente al período de investigación, lo que permite considerar los resultados como datos preliminares, pero con un grado importante de confiabilidad. La siembra se realizó el 5 de mayo de 2022, y los datos fueron recolectados desde esa fecha hasta la actualidad, abarcando hasta la producción de la primera cosecha.

Se utilizó tres variedades de café (Sachimor, Manabí 01 y Typica), con 150 plantas por cada variedad a investigar dando un total de 450 plantas, se sembró a un distanciamiento de 1,30 cm entre plantas y 2 metros en hilera, se utilizó un área de 1170 metros cuadrados.

Las variables que se evaluaron son las siguientes:

Precipitación

Para esta variable se utilizó la estación del INAMHI Portoviejo (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología), que se encuentra ubicado en la parroquia Lodana, del cantón Santa Ana de la provincia de Manabí.

Altura de planta

Se utilizó una cinta graduada, midiendo desde el cuello de la raíz hasta el ápice foliar, los datos fueron tomados cada 15 días.

Ramificación

Se evaluó el número de ramas primarias en la planta, los datos fueron tomados cada 15 días.

Floración

Se evaluó el número de flores fecundadas, se contaron las flores que estaban fecundadas.

Clorofila

Se utilizo un SPAD 502 Plus digital para medir el porcentaje de clorofila en las plantas a evaluar, por cada planta se tomaron tres registros de datos.

Cosecha

Se realizaron dos cosechas hasta la fecha, se utilizó una gramera para conocer su producción por tratamiento.

Enfermedades patógenas

Se realizo un monitoreo constante a lote de investigación para conocer los insectos, hongos o cualquier patógeno que estén afectando al cultivo.

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con tres repeticiones, con la prueba de Tukey al 0.5%, con su coeficiente de variación, donde se obtuvo nueve unidades experimentales donde se evaluaron 5 plantas de café (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos con variedades de café arábiga a evaluar.

Tratamientos	Variedades	Código
T1	Sarchimor	T1SCH
T2	Manabí 01	T2M01
T3	Typica	T3TY

RESULTADOS Y DISCUSION

Precipitación del año 2022 y 2023

Datos registrados del INAMHI (2024) Portoviejo Lodana, registró en el año 2022 una precipitación de 518 mm y en el 2023 fue de 1003,2 mm de agua lluvia al año.

El año 2022, entre los meses de febrero, marzo y abril se obtuvo un promedio de 110,3 mm de agua lluvia, mientras que, en el año 2023, para la misma fecha se obtuvo un promedio de 159,85 mm de agua lluvia y se extendió a los meses de mayo, junio y julio, esto se lo puede ver en el gráfico 1.

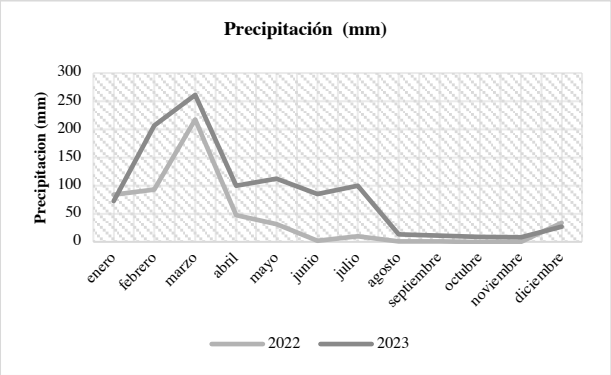

Gráfico 1. Precipitación del año 2022 y 2023
Fuente: INAMHI Portoviejo estación Lodana 2024

ANOVA'S en altura, ramificación y floración a los 24 meses

En el cuadro 2 se puede apreciar el análisis de varianza que reporta diferencia no significativa para las variables altura y ramificación a los 24 meses en comparación con la floración que encontramos significancia estadística en el tratamiento.

Analizando el coeficiente de variación que indica el nivel de dispersión de los datos nos permite inferir que dichos valores que están dentro del rango o límite de confianza.

En experimentos de campo, si el coeficiente de variación está por debajo del 10%, se considera bajo, es decir, el experimento tiene una alta precisión. Del 10 al 20%, el CV se considera medio, lo que implica una buena precisión. De 20 a 30% se considera relativamente alta, pero no implica imprecisión ya que este error muchas veces se debe a variaciones climáticas (Gomes, 2009).

Cuadro 2. ANOVA'S en altura, ramificación y floración a los 24 meses, según Tukey al 0,5%

F.V	Altura	Ramificación	Floración
Repetición.	0.6941NS	0.6445NS	0.5523NS
Tratamiento.	0.9466NS	0.0129NS	0.0034*
Coeficiente de variacion	11%	25%	28%
Promedio	79.97 cm	24 Ramas	36 Flores

NS= No significativo; *= Significativo; CV= Coeficiente de Variación

Altura a los 24 meses

Los datos obtenidos a los 24 meses de la siembra de las tres variedades de café, se puede observar que el tratamiento uno tiene un promedio de altura de 81,13 cm de altura, seguido del tratamiento tres con 80,7 cm, y el que tiene menor crecimiento es el tratamiento dos con 78,73 cm, teniendo que la variedad Manabí 01 es una planta de porte bajo que facilita su cosecha y su manejo agronómico, la comparación de la media con la prueba de

Tukey se puede identificar que los tratamientos son iguales porque comparten la misma letra (Gráfico 2).

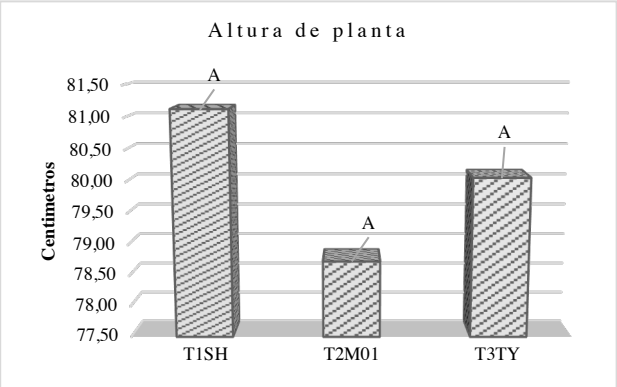

Gráfico 2. Altura promedio de las plantas de café a los 24 meses de su siembra.

Ramificación a los 24 meses

Se puede ver en el gráfico 3, que la variedad Sachimor, tiene mayor número de ramificaciones con 40 ramas secundarias, seguido del Manabí 01 con un promedio de 21 ramas y por último el Typica con 13 ramas secundarias. En la comparación de la media se puede identificar que el tratamiento uno tiene la letra (A), siendo muy diferente a los demás tratamientos.

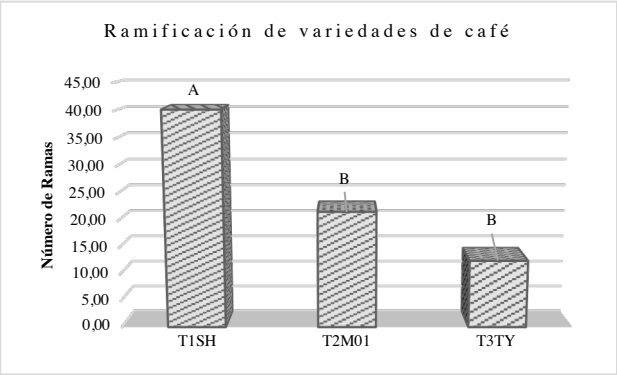

Gráfico 3. Promedio de ramificación y prueba de Tukey al 0,05%, las plántulas de café a los 24 meses.

Floración a los 24 meses

En registro promedio la floración se puede conocer el número determinado de flores por tratamiento; la variedad Sarchimor tuvo un promedio de 69 flores, seguido del Manabí 01 con 41 flores y el Typica con un efecto negativo con las condiciones climáticas del lugar con un promedio de dos flores por planta evaluada. Realizando el análisis del promedio de la media con la prueba de Tukey al 0.05%, se puede conocer que los tratamientos son muy diferentes porque cada tratamiento comparte letras diferentes (Gráfico 4).

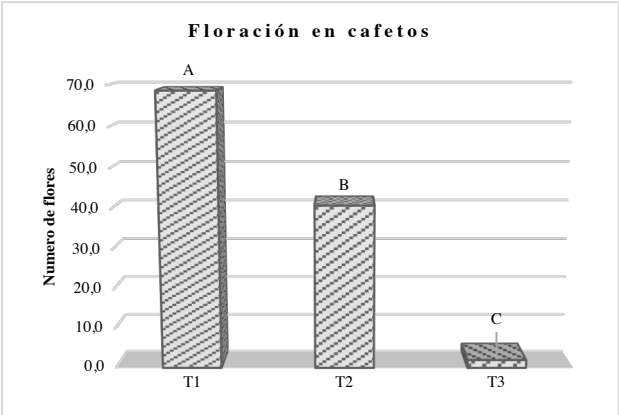

Gráfico 4. Promedio de floración y con la prueba de Tukey al 5%, en las plántulas de café a los 24 meses.

ANOVA'S para las variables clorofila y cosecha

Analizando los niveles de significancia de las variables clorofila y cosecha, encontramos que en la repetición tanto como en clorofila y cosecha no es significativo, en comparación con los tratamientos donde se evidencia que la clorofila es significativa y en la cosecha es altamente significativo. El coeficiente de variación se encuentra en el rango permitido, donde se a tenido una buena precisión al momento de tomar los datos en campo.

Cuadro 3. ANOVA's para clorofila y cosecha a los 24 meses, con la prueba de Tukey al 0,5 %.

F.V	Clorofila	Cosecha
Repetición.	0,1303NS	0,9855NS
Tratamiento.	0,004*	<.0001**
Coeficiente de variación	3%	0.3%
Promedio	62%	307 Gramos

NS= No significativo; *= Significativo; C.V= Coeficiente de Variación

Clorofila a los 24 meses

El promedio de la media para la clorofila se puede ver en el gráfico 5, donde las plantas del tratamiento uno tiene 68,43% de clorofila, seguido del tratamiento dos con 64,85% y el tratamiento tres con un 54,80%. Indicando que las plantas de los tratamientos uno y dos se encuentran adaptándose a las condiciones climáticas de la zona y por consecuente no tienen problema fitosanitario que puedan bajar su producción de clorofila, en comparación del tratamiento tres donde esta con las mismas condiciones le cuesta adaptarse por presentar plantas con poca producción de clorofila. Estadísticamente se puede apreciar que el Sachimor y el Manabí 01, estadísticamente no encontramos diferencia, en comparación con el Typica.

Gráfico 5. Porcentaje de clorofila y con la prueba de Tukey al 0,5%, las plántulas de café a los 24 meses.

Cosecha a los 24 meses

En el gráfico 6, se puede apreciar la producción en gramos de cada tratamiento, donde la variedad Sachimor 13,400 gramos, seguido del Manabí 01 con una producción de 7,560 gramos, y el Typica tuvo un bajo rendimiento llegando a producir 332 gramos. En el análisis estadístico de las medias, con la prueba de Tukey se puede identificar estadísticamente que la variedad Sachimor es altamente significativo.

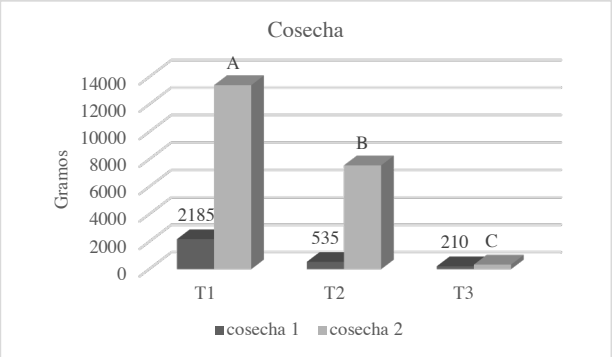

Gráfico 6. Producción de café, con la prueba de Tukey al 5%, las plántulas de café a los 24 meses.

Se utilizó un área total de 1200 m², en la que cada variedad ocupó un área de 400 m², con la siembra de 150 plantas por variedad. La variedad Sachimor obtuvo una producción de 13 400 gramos, lo que equivale a 13,4 kilogramos de café. Si se sembrara una hectárea de café con esta variedad, se necesitarían 3846 plantas, lo que resultaría en una producción de 335 kilogramos por hectárea. Esta producción se alcanzó a los dos años de haber realizado la siembra.

La variedad Manabí 01 obtuvo 7560 gramos de café, lo que equivale a una producción de 189 kilogramos por hectárea. Por su parte, la variedad Typica presentó un bajo rendimiento, con solo 332 gramos, lo que representaría 8 kilogramos por hectárea (ver Cuadro 3).

Cuadro 4. Producción de las tres variedades de café por gramos, kilogramos por hectárea.

Tratamiento.	Cosecha	Kg/400m^2	kg/ha
T1SH	13400	15,6	133,21
T2M01	7560	8,1	69,19
T3TY	332	0,5	4,63

Problemas fitosanitarios presentes en el cultivo de café

Desde su instalación hasta la fecha se encontraron 4 tipos de insectos que son: *Benisia Tabaci* 5%, *Myzus Persicae* 15%, *Planococcus Citri* 20% *y Aonidiella Auranti* 25%. Siendo una plaga potencial en el cultivo de café la escama roja (*Aonidiella auranti*), causándole daños y bajando su calidad del fruto y su producción.

El hongo fitopatógeno que se encontró en los cultivos de café (*Mycosphaerella coffeicola*) causando un bajo rendimiento al cultivo (Gráfico 7).

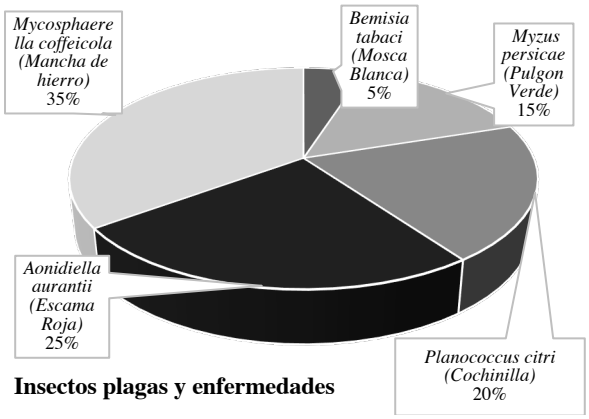

Gráfico 7. Porcentaje de patógenos que se encontraron en las plantas de café

Porcentaje de enfermedades e insectos por tratamientos

En el gráfico 8 se observa que el tratamiento con menor presencia de insectos corresponde al tratamiento tres, con la variedad Typica, donde se encontró un 12% de mancha de hierro, un 6% de escama roja, un 7% de cochinilla y un 2% de mosca blanca. Esta variedad mostró ser relativamente tolerante a las plagas en comparación con el tratamiento uno, que correspondió a la variedad Sachimor. En este tratamiento, se registraron un 12% de mancha de hierro, un 10% de escama roja, un 9% de cochinilla, un 5% de pulgón verde y un 2% de mosca blanca, siendo este uno de los cultivos con mayor presencia de escama roja.

Por otro lado, el tratamiento dos, con la variedad Manabí 01, presentó un 13% de mancha roja, superando a los otros tratamientos en este problema. Hasta la fecha, no se ha registrado presencia de roya en ninguno de los tratamientos.

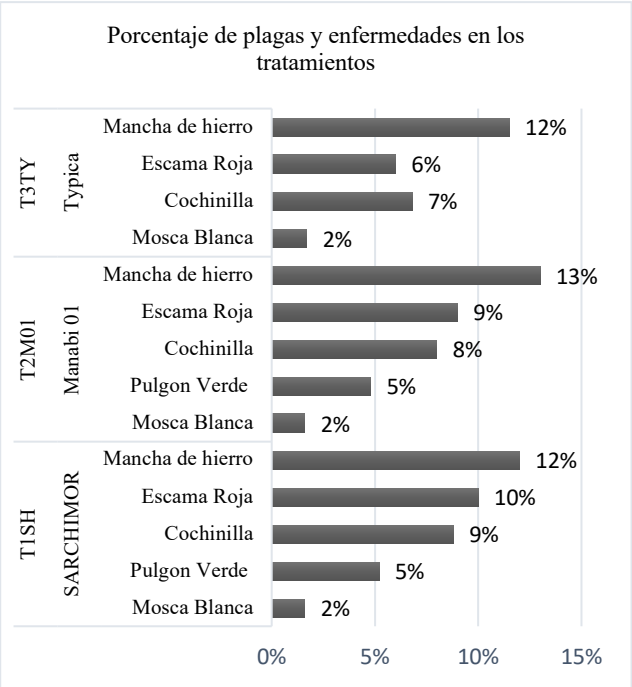

Gráfico 8. Porcentaje de enfermedades y plagas por tratamientos.

Discusión

Bajo las condiciones edafoclimáticas de la finca Lodana que está ubicado en el cantón Santa Ana de la provincia de Manabí se obtuvo variedades Sachimor tiene 81,13 cm de altura, seguido del Typica con 80,7 cm, y el que tiene menor crecimiento es el Manabí 01 con 78,73 cm.

La caracterización es un indicador o señal que permite determinar una condición, enfocándose en la identificación de factores como riesgos, potencialidades y tendencias en el desarrollo, ya sea en un territorio, comunidad o en una explotación específica. Su objetivo es proporcionar la información necesaria para orientar las decisiones que se tomarán a lo largo del proceso o en el futuro (Machado *et al.,* 2015).

La investigación de Andrade y Vera (2022) señala que las variedades de café arábigo sometidas a estrés hídrico alcanzaron una altura promedio de solo 5 cm. Los autores coinciden en que el café, cuando se ve expuesto a condiciones de estrés hídrico, experimenta un crecimiento lento. En contraste, cuando el café se cultiva bajo condiciones edafoclimáticas adecuadas, su desarrollo y crecimiento son significativamente mejores.

Carrasco y Escobar (2002), describen el estrés abiótico del ambiente afecta seriamente el comportamiento agronómico y rendimiento de las plantas de café, donde colocaron plantas a diferentes tipos de estrés ambiental (salinidad, hídrico, luminosidad, etc.).

En cuanto a mejoras en la producción de cafetos Álvarez *et al*. (2023), nos indican que es crucial diseñar un plan nutricional adecuado con macronutrientes y micronutrientes, ya que su deficiencia o exceso afecta la producción y calidad del café. El exceso de nitrógeno reduce la densidad y calidad del grano, mientras que la falta de fósforo genera granos pequeños. La deficiencia de hierro da como resultado granos pálidos y falta de acidez, mientras que el exceso de calcio y potasio produce una bebida amarga. Además, la carencia de zinc y magnesio reduce el tamaño y la densidad del grano y causa irregularidades en el tostado.

En las variables de altura y ramificación estadísticamente no son significativos. Investigación realizada por (Ramírez y Vargas, 2020). Comentan que las variedades como el Geisha y el Sarchimor no tienen significancia estadística en altura, diámetro de tallo y en ramificación.

En la producción de café, en el cuadro 3, encontramos que el Typica, obtuvo menos producción que el Sachimor y Manabí 01, este resultado se puede comparar por (Marín *et al*., 2003). Montilla *et al*. (2008) y Sánchez *et al*. (2018), comentan que su baja productividad es por su difícil adaptación a la zona.

Hernández *et al*. (2009), comentan que la baja producción de los híbridos de café en su investigación se debe a que la mayoría de los híbridos no están adaptados a las condiciones edafoclimáticas de la zona teniendo una producción de 8 kg por cosecha. Según Lara (2005), comenta que una buena fertilización, tienen efecto en el peso del grano en la variedad Caturra.

Investigaciones realizadas por Julca *et al*. (2018) comentan las tres variedades de café Catimor, Colombia y Costa Rica 95, que se estudiaron son tolerantes a la roya *Hemileia vastatrix*), pero son susceptibles a otros problemas fitopatógenos, en comparación con el Manabí 0,1 y el Sachimor que respondieron a los problemas fitopatógenos que se encuentran en la zona. Investigación realizada por (Moreno y Alvarado, 2000), comentan que la variedad Colombia es muy tolerante a enfermedades; mientras que López (2010), indica que obtuvo dos variedades (Catimor y Costa Rica 95), que son tolerante a la roya en especia a la raza II.

Pilozo *et al. (*2022), en su investigación, mencionan que existen diversas enfermedades que afectan a los cafetos, siendo la mayoría causadas por hongos. Entre las principales enfermedades destacan la Roya del café causada por *Hemileia vastatrix* (Berk. y Br.), que está catalogada entre las diez enfermedades más devastadoras del mundo. Además, definen como de relevancia económica las siguientes enfermedades: ojo de gallo (*Mycena citricolor*), roya (*Hemileia vastatrix*), mancha de

hierro (*Cercospora coffeicola*) y mal de hilachas (*Corticium koleroga*).

León y Guedes (2003) comentan que bajo las condiciones edafoclimáticas de Quevedo y Gualea las variedades que mejor se adaptaron fueron: Catimor, Caturra rojo y amarillo, Catuaì entre otros; en problemas de plagas solo presentaron presencia de minador en la hoja (*Leucoptera coffeellum*), donde no se ve afecto el umbral económico, donde la presencia de Roya fue mínima o nula.

CONCLUSIONES

Las variedades que mejor se adaptaron a las condiciones edafoclimáticas del sector, a los dos años de haber sido establecidas, fueron el Sachimor y el Manabí 01.

La variedad Sachimor destacó por su alta productividad, alcanzando una producción de 15 585 gramos, mientras que la variedad Typica no mostró altos rendimientos debido a la falta de las condiciones agroclimáticas adecuadas para desarrollar su potencial productivo.

En cuanto a plagas y enfermedades, se presentó la mancha de hierro (*M. coffeicola*) como una de las principales enfermedades fungosas que afectaron al cultivo durante la investigación.

LITERATURA CITADA

Agrobanco. 2012. Manejo de plagas en el cultivo de café. En línea. Consultado el día 10 de mayo del 2024. Disponible en: https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/011-k-cafe.pdf

Álvarez-Lino, M., Ruilova, V., Abad-Guamán , R., & Capa-Morocho, M. 2023. Influencia de diferentes estrategias de nutrición en la etapa reproductiva del café (Coffea arabica) en la Región Sur del Ecuador. CEDAMAZ, 13(2):195–204. https://doi.org/10.54753/cedamaz.v13i2.1831

Anacafé (Asociación Nacional de Café). 2016. Manual Técnico para la producción de café robusta. En línea. Consultado el día 10 de mayo del 2024. Disponible en: https://www.anacafe.org/uploads/file/283f6fd107ef4ce38af855880c47c49d/M

Andrade, C. y Vera, R. 2022. Comportamiento agronómico de materiales de café robusta (*coffea canephora*) tolerantes al estrés hídrico bajo condiciones de marchitez permanente. Ingeniería agropecuaria. Universidad Estatal Península de Santa Elena. Facultad de Ciencias Agrarias. Consultado el día 10 de mayo del 2024. Disponible en: https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/7575/1/UPSE-TIA-2022-0029.pdf

Carrasco, L. y Escobar, H. 2002. Cambios en los contenidos de clorofila, proteínas y niveles de fluorescencia de clorofila en plantas de café (Coffea arabica L.) cultivadas en zonas árida en diferentes condiciones de luminosidad. IDESIA (Chile) 20(2): 111-118

Ecofran 2015. La producción de café. En línea. Consultado el día 10 de mayo del 2024. Disponible en: https://www.ecorfan.org/spain/libros/LIBRO_CAFE.pdf

Hernández, R., Haggar, J., Suárez, Aurora del Carmen., Picado, J. 2009. Comportamiento agronómico, fitosanitario y calidad de grano de tres híbridos y cuatro variedades comerciales de café (*Coffea arabica* L) agroforestal en Masatepe, Nicaragua. Facultada de Agronomìa. Universidad Nacional Agraria. Consultado el día 10 de mayo del 2024. Disponible en: https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8052/Suarez_Comportamiento_Agronomico%20%20%20YA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Jiménez-Torres, A. y Massa-Sánchez, P. 2015. Producción de café y variables climáticas: El caso de Espíndola, Ecuador. Economía, 40(40):117-137. http://iies.faces.ula.ve/revista/articulos/revista_40/pdf/rev40jimenezt.pdf

Julca, A., Alarcón, G., Alvarado, L., Borjas, R., Castro,V. 2018. Comportamiento de tres cultivares de café (Catimor colombiano y Costa rica 95) en el valle del Perene, Junín, Perú. 34(3):205-215.

Julca-Otiniano, A., Alvarado-Huamán, L., Borjas-Ventura, R., Castro-Cepero, V., Rojas, F. L., Palacios, D. V., & Amez, S. B. 2023. Variedades de café (Coffea arabica), una revisión y algunas experiencias en Perú. Revista de Investigación e Innovación Agrícola y Recursos Naturales, 10(2). https://riiarn.umsa.bo/index.php/RIIARn/article/view/281

Lara, L. 2005. Efectos de la altitud, sombra, producción y fertilización sobre la calidad del café (Coffea Arabica L. Var. Caturra) producido en sistemas agroforestales de la zona cafetalera norcentral de Nicaragua. Tesis. Magíster Scientiae en Agroforestería Tropical (CATIE). Turrialba, Costa Rica. pag 106.

León, A. y Guedes, R. 2003. Comportamiento agronómico de ocho variedades de café arábico (Coffea arábico L.), en la zona de Quevedo (Provincia de los Ríos) y Gualea (provincia de Pichincha). Facultad de Ciencias

Agricolas. Universidad Técnica de Babahoyo. Consultado el día 10 de mayo del 2024. Disponible en: https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4031/1/iniaptpG924c.PDF

López, D. 2010. Efecto de la carga fructífera sobre la roya (*Hemileia vastatrix*) del café, bajo condiciones microclimáticas del sol y sombra en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 99 p. Turrialba, Costa Rica.

Machado-Vargas, M., Nicholls, C., Márquez, S., & Turbay, S. 2015. Caracterización de nueve agroecosistemas de café de la cuenca del río Porce, Colombia, con un enfoque agroecológico. Idesia (Arica), 33(1):69-83. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34292015000100008&script=sci_arttext

Marín, S., J. Arcila, E. Montoya, y C. Oliveros. 2003. Relación entre el estado de madurez del fruto del café y las características de beneficio, rendimiento y calidad de bebida. (CENICAFÉ). 54(4):297-315.

Medina-Meléndez, J., Ruiz-Nájera, R., Gómez-Castañeda, J., Sánchez-Yáñez, J., Gómez-Alfaro, G. & Pinto-Molina, O. 2016. Estudio del sistema de producción de café (Coffea arabica L.) en la región Frailesca, Chiapas. *CienciaUAT*, 10(2):33-43.

Montilla, J., J. Arcila, M. Aristizábal, E. Montoya, G. Puerta, C. Oliveros. 2008. Propiedades físicas y factores de conversión del café en el proceso de beneficio. 8 p. (CENICAFÉ). Avances Técnicos 370. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia Caldas, Colombia.

Moreno, G., y G. Alvarado. 2000. La variedad Colombia: veinte años de adopción y comportamiento frente a nuevas razas de roya del cafeto. 32 p. (CENICAFÉ), Caldas, Colombia.

OIC (Organización Internacional del Café). 2016. Historia mundial del café. En línea. Consultado el día 10 de mayo del 2024. Disponible en: https://ico.org/es/

Ramírez, C., y Vargas, K. 2020. Respuesta agronómica de tres variedades de café (Coffea arabica L.) con tres niveles de fertilización foliar. Facultad de Ciencias Agropecuarias y recursos naturales. Universidad Técnica de Cotopaxi. Consultado el día 10 de mayo del 2024. Disponible en: https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6921/1/UTC-PIM-000263.pdf

Recimundo. 2018. La realidad Ecuatoriana en la producción de café. En línea. Consultado el día 10 de mayo del 2024. Disponible en: file:///C:/Users/user/Downloads/DialnetLaRealidadEcuatorianaEnLaProduccionDeCafe-6732775%20(1).pdf

REDUCAFE (Red Universitaria de Investigación y Desarrollo Cafetalero) 2017. Causas en su baja producción de café en el Ecuador. Consultado el día 10 de mayo del 2024. Disponible en: https://reducafe.com/efecto-de-fitorreguladores-y-movilizadores-de-azucares-sobre-la-maduracion-homogenea-de-frutos-de-cafe-coffea-arabica-l-3/

Rendón, J. R., Arcila, J., & Montoya, E. C. 2008. Estimación de la producción de café con base en los registros de floración. http://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/108

Sánchez, S; Orellana, D; Perez, P. 2018. La realidad ecuatoriana de la producción de café. Recimundo. Revista científica mundo de la investigación y el conocimiento. 2(2):72-91.

Vera Tumbaco, M., Tumbaco García, P. L., Vera Velázquez, R., Lagos Pazmiño, J. C., & Gabriel Ortega, J. 2022. Evaluación del comportamiento productivo de tres híbridos de café arábigo (coffea arábiga l.) En tres distanciamientos de siembra: evaluación del comportamiento productivo. *UNESUM - Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*, *6*(2), 87–100. https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v6.n2.2022.630

REVISTA ESPAMCIENCIA para el agro

NIVELES DE OCRATOXINA A PRODUCIDA POR *Aspergillus* EN CAFÉ ARÁBIGO EN EL SUR DE MANABÍ

LEVELS OF OCHRATOXIN A PRODUCED BY *Aspergillus* IN ARABICA COFFEE IN SOUTHERN MANABÍ

Maritza Leonor Soledispa Plúa[1], Anthony Daniel García Pico[1], Rubén Melquiades Alcívar Murillo [2], Rubén Andrés Alcívar Santana[2]

[1]Ingeniería Agropecuaria, Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), Manta - Ecuador
Centro Experimental de Café (CECAD). Jipijapa, Ecuador

Email: cecadjipijapa@gmail.com

Información del artículo

Tipo de artículo: Artículo original

Recibido: 05/07/2024

Aceptado: 13/11/2024

Licencia: CC BY-NC-SA 4.0

Revista ESPAMCIENCIA 15(E):56-61

DOI: https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v15iE.560

Resumen

La investigación tuvo como objetivo realizar un estudio a nivel de poscosecha en café beneficiado por el proceso de vía seca, con el objetivo de determinar los niveles de contaminación por Ocratoxina A (OTA) en café arábigo (*Coffea arábiga* L.), en la región sur de la provincia Manabí, por medio de la técnica de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC-Fluorescencia). Se analizaron 9 muestras de café natural, de productores y comerciantes de los cantones de Jipijapa, Paján y 24 de Mayo ubicados en la región sur de Manabí. Fueron analizados microbiológicamente por el método de ensayo PEE-LSAIA-01 para cuantificar los niveles de Ocratoxina A (OTA). El límite de detección de ocratoxina A fue de 0,018 ng/mL, correspondiente a una concentración de 0,86 µg/kg en la muestra. De las nueve muestras (100%) resultaron positivas por Ocratoxina A. Los niveles presentados oscilaron entre 30,63 y 445,60 µg/kg; todos estaban por encima del límite permitido por la Unión Europea UE para concentraciones de OTA de 5,0 µg/kg. El análisis reveló que el manejo y procesamiento del café producido en la región no cumple con los estándares internacionales para el manejo y almacenamiento poscosecha, lo que resultó en una alta incidencia y niveles muy altos de hongos productores de micotoxinas.

Palabras clave: Micotoxinas, Ocratoxina A (OTA), café natural, cromatografía.

Abstract

The objective of this research was to conduct a post-harvest level study on coffee processed by the dry method, aiming to determine contamination levels of Ochratoxin A (OTA) in Arabica coffee (*Coffea arabica* L.) in the southern region of Manabí province, using the high-performance liquid chromatography technique (HPLC-Fluorescence). A total of 9 samples of natural coffee were analyzed, collected from producers and traders in the cantons of Jipijapa, Paján, and 24 de Mayo, located in the southern region of Manabí. These were microbiologically analyzed using the PEE-LSAIA-01 test method to quantify levels of Ochratoxin A (OTA). The detection limit for Ochratoxin A was 0.018 ng/mL, corresponding to a concentration of 0.86 µg/kg in the sample. All nine samples (100%) tested positive for Ochratoxin A. The levels detected ranged from 30.63 to 445.60 µg/kg; all were above the European Union (EU) permitted limit for OTA concentrations of 5.0 µg/kg. The analysis revealed that the management and processing of coffee produced in the region do not meet international post-harvest handling and storage standards, resulting in a high incidence and very high levels of mycotoxin-producing fungi.

Keywords: Mycotoxins, Ochratoxin A (OTA), natural coffee, chromatography.

INTRODUCCIÓN

La Ocratoxina A (OTA), es una sustancia química que fue descubierta en el café en 1988, producida naturalmente por algunas cepas del hongo *Aspergillus ochraceus*, *A. carbonarius* y *A. niger*. En relación con el peso corporal, la dosis máxima tolerada (OTA) en humanos es una milmillonésima parte de un gramo por kilogramo por semana, ya que es altamente peligro para los riñones y podría llegar a ser cancerígena (FAO, 2005).

OTA (C20H18O6NCl) es una toxina de bajo peso molecular (403,9 g/mol) responsable del metabolismo secundario de hongos filamentosos, principalmente *Aspergillus y Penicillium,* descrito por primera vez (Van der Merwe, 1965).

El efecto toxico de las micotoxinas en la salud de personas y animales es llamada micotoxicosis, su peligro depende de la toxicidad de las micotoxinas, el nivel de exposición, la edad y estado nutricional y los efectos sinérgicos individuales. Las estructuras químicas de las micotoxinas varían considerablemente, pero todos son orgánicos de masa molecular relativamente baja Peraica *et al*. (s.f.).

Existen algunas regulaciones que muestran los límites máximos de micotoxinas aceptadas en los alimentos. Por tanto, la aflatoxina total (suma de B1, B2, G1 y G2) así determinada por la UE tiene un valor límite de 10,0 µg/kg para aquellos frutos descascarillados, destinados a someterse a un proceso de selección u otro y consumido o utilizado como ingrediente en los alimentos. Con respecto a la (OTA), se ha establecido un límite de 5,0 µg/kg para café tostado en grano y café tostado molido, y un límite de 10 µg/kg para café soluble (café instantáneo) (EUR-Lex, 2022).

La Ocratoxina es un metabolito fúngico tóxico, figura en la lista de la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) como probable carcinógeno humano (categoría 2B); el JECFA estableció una ingesta semanal tolerable provisional (PTWI) para la OTA en 100 ng/kg cuerpo peso, desarrollando así estrategias para permitir que los países productores de café desarrollen e implementen sus propios programas nacionales y programas para prevenir y reducir la contaminación por ocratoxinas (JECFA, 2022).

Se ha informado que una cuarta parte de los cultivos alimentarios en todo el mundo, incluidos muchos alimentos básicos, se ven afectados por hongos productores de micotoxinas. La FAO estima que alrededor de mil millones de toneladas de alimentos se pierden cada año en todo el mundo debido a las micotoxinas (FAO, 2021).

Las aflatoxinas son compuestos altamente tóxicos, inmunosupresores, mutagénicos, teratogénicos y cancerígenos. El principal órgano afectado por su toxicidad y carcinogenicidad es el hígado. Una revisión de los resultados epidemiológicos y de laboratorio realizada por (IARC) encontró pruebas suficientes que las mezclas de aflatoxinas naturales eran cancerígenas para los seres humanos y, por lo tanto, se clasificaron como sustancias cancerígenas del Grupo 1, excepto la aflatoxina M1, que probablemente son cancerígenas para los seres humanos. humanos (categoría 2B) (IARC,1987).

Al cosechar tenemos que recolectar los granos de café solo de los arbustos, evitar recolectar frutos demasiado maduros, dañados y no del suelo ya que son fuente de contaminación y el producto debe secarse lo más rápido posible, con una humedad máxima del 12%, utilizar en lo posible en patios de cemento, evitando así la contaminación, por la presencia de hongos en el suelo, al almacenar, evitar la absorción de humedad de los granos o el contacto con granos dañados. (Chamorro *et al.,* 2018).

Las condiciones de manipulación y secado, los factores geográficos y climáticos en las áreas de producción y la presencia de microorganismos productores de Ocratoxina A son factores importantes para la producción de OTA en granos de café en comparación con los métodos de secado. Bucheli *et al.* (2000).

Con estos antecedentes se tuvo como objetivo determinar los niveles de contaminación por Ocratoxina A (OTA) en café arábigo (*Coffea arábiga* L.), en la región sur de la provincia Manabí

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y delimitación del área de estudio

Se realizó el estudio en los cantones de Jipijapa con 71 083 habitantes y con una superficie de 1420 km^2; Paján con 35.192 habitantes con una superficie de 1078 km^2 y 24 de Mayo con 28 846 habitantes con una superficie de 524 km^2, cantones ubicados en la zona sur de Manabí; sector pionero en el cultivo de café.

Encuesta para obtener información manejo poscosecha

Se elaboró una encuesta de 4 respuestas cerradas para obtener información relacionada con el manejo poscosecha del café (métodos de beneficio, métodos de secado, fuentes de agua y almacenamiento) en Jipijapa, Paján y 24 de Mayo. Se encuestó a productores de café de la zona de estudio y se obtuvo información sobre el cultivo del café y aspectos relacionados con los beneficiarios y el manejo poscosecha que practican los productores.

Análisis estadístico

Para los datos registrados obtenidos en la investigación experimental se utilizaron los estadígrafos de promedio, valor mínimo y máximos además de correlación de variables y gráficos que expliquen mejor los resultados obtenidos.

Identificación y tipos de secado

El secado del café representa una etapa delicada en la transformación del café húmedo, algunos organismos hidrofílicos y la fisiología de las semillas incide para la

formación de mohos tóxicos y de descomposición, los niveles moderados de humedad son un entorno favorable para los organismos productores de OTA. (FAO- Enfoque, 2006).

Según lo manifiesta Puertas (2000) en el mundo destacan dos métodos de beneficiado del café, por vía húmeda que se destaca por obtener café lavado con características más suave y por la vía seca se caracterizan por ser amargo espeso con más cuerpo y fuerte y se denomina café natural (Figura 1 y 2).

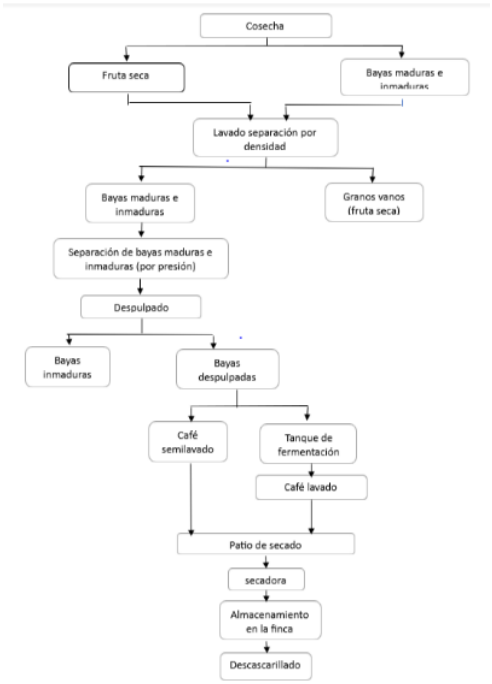

Figura 1. Beneficio del café por la vía húmeda

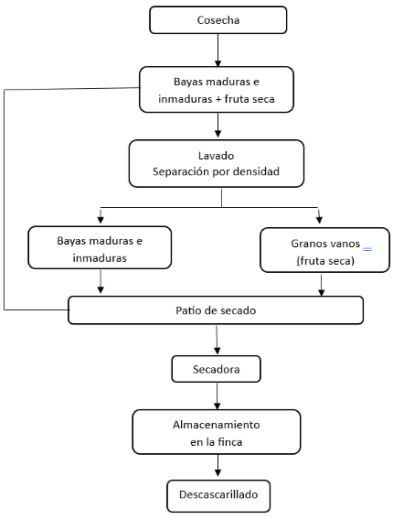

Figura 2. Beneficio del café por la vía seca.

Proceso de muestreo y tratamiento de las muestras de café

Se recolectaron 9 muestras para su respectivo análisis, se tomó 1 kilo de café natural identificándolas con el nombre del productor, cantón y sector; las mismas se colocaron en bolsas de papel y bolsas plásticas hermético identificándose respectivamente cada una de ellas y se enviaron al INIAP - QUITO - Santa Catalina, para los análisis fisicoquímicos, ocratoxina A, por el método HPLC con el fin de determinar la presencia de micotoxina.

Análisis microbiológico de las muestras de café

Los estudios de laboratorio se ejecutaron tomando como referencia el método establecido por la AOAC y se basa en el uso de columnas de inmunoafinidad el cual se caracteriza por la presencia de anticuerpos monoclonales determinados para OTA, con métodos altamente específico, sensible, rápido con relación a los métodos tradicionales de purificación (AOAC,2005).

Análisis de los niveles de Ocratoxina A (OTA) empleados el método HPLC

A. Moler y pesar de la muestra

a) Se molió 1 kg de granos de café verde en un molino para obtener partículas con un tamaño de 1 mm.
b) Se transfirió 500 mL en una botella de vidrio, marcada con el número de identificación correspondiente de la muestra en la balanza, y poner la balanza a cero.
c) Se pesaron 25 g de la muestra previamente homogeneizada en un recipiente de vidrio con una espátula.
d) Se transportó el recipiente de vidrio que contiene la muestra al lugar de extracción.

B. Extracción de la muestra

a) Se agregó 200 mL de solución de metanol: bicarbonato de sodio al 3% a la muestra.
b) Se colocó la muestra anterior en una licuadora, ajustar y mezclar a alta velocidad durante 5 minutos.
c) Se filtraron las muestras por gravedad utilizando papel filtro y membranas de fibra de vidrio.
d) Se transfirió 4 mL del filtrado anterior a un matraz aforado de 100 mL, diluir a 100 mL con tampón PBS al 1% y homogeneizar.

C. Purificación de la muestra

a) Se procedió a encajar la jeringa de polipropileno de 60 mL en la columna de inmunoafinidad y conectarla al sistema de filtración al vacío.
b) Luego se pasó de manera cuantitativamente el contenido del matraz de 100 ml a través de la columna y controlando el flujo con un émbolo.

c) Posteriormente, se procedió al lavado de la columna con 10 mL de agua, tras lo cual se dejó secar por completo.
d) Se desconectó la columna del sistema de vacío y se aplicó presión positiva.
e) Se remplazó la jeringa de 60 ml con una jeringa de 10 ml.
f) Se transfirió 4 mL de metanol grado HPLC a través de una jeringa de vidrio para diluir la ocratoxina A usando presión positiva y controlamos el flujo con la ayuda de un émbolo de jeringa.
g) Se evapora el contenido con gas nitrógeno en un baño de agua con agitación y se mantiene la temperatura a 50°C.
h) El residuo proveniente de la etapa de purificación fue redisuelto en 300 µL de metanol grado HPLC, mediante agitación con un agitador de tubos y asistencia de un baño ultrasónico durante 5 minutos

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presencia de (OTA) se mostró en las 9 muestras examinadas, con concentraciones detectadas que oscilaron entre 30,63 y 445,60 µg/kg; la muestra 4 mostró la concentración más alta de Ocratoxina A (OTA) (445,60 µg/kg), por lo tanto, los resultados informados no están dentro del parámetro de aceptación (Cuadro 1).

Cuadro 1. Resultados del análisis microbiológico realizado a las muestras de café arábigo en laboratorio.

Análisis	Ocratoxina (µg/kg)	Identificación
Método	Pee-lsaia-01	
Método REF	AOAC 2004.10	
22-0621	83,40	Café bola seco/ ANECAFE/ sitio Cabo de hacha /cantón Jipijapa
22-0622	174,80	Café bola seco/Sr. Julio Cedeño/ sitio Cabo de hacha /cantón Jipijapa
22-0623	436,80	Café bola seco/Comercial Muñiz/ sitio Cabo de hacha /cantón Jipijapa
22-0624	445,60	Café bola seco/Sra. Silvia Ávila/ sitio Paján/ cantón Paján
22-0625	413,10	Café bola seco/ Sr. Comercial Moran / sitio Paján/ cantón Paján
22-0626	442,50	Café bola seco/ Sr. Felipe Muñiz/ sitio /Paján/ cantón Paján.
22-0627	30,63	Café bola seco/ Sr. Oswaldo Tigua/ sitio Las Flores/ cantón 24 de mayo
22-0628	83,60	Café bola seco/ Sr. Lupercio Mendoza/Las Flores/ cantón 24 de mayo
22-0629	237,50	Café bola seco/Comercial Cárdenas/Las Flores/ cantón 24 de mayo

Con base en los resultados de una encuesta a 15 productores de café arábica de los cantones de Jipijapa, Paján y 24 de Mayo, los resultados mostraron que: el 73% de los productores utilizan beneficio seco, el porcentaje restante, método húmedo, los beneficiarios utilizan el 53% del agua de pozo, otro 27% es agua de río o estuario; 47% de productores secan café en suelo y lona, 20% secan en suelo y patio; 56% utilizan almacenamiento por ensacado, utilizan almacén y embolsado.

Resultados: Encuestas aplicadas a los productores de café en los cantones Jipijapa, Paján y 24 de Mayo

La figura 3 muestra que el 56% de los encuestados indicó que efectúan el almacenamiento de ensacado seguido del 25% que almacena en bodega y ensacado,13% lo hace solo en bodega y el 6% en ensacado plástico.

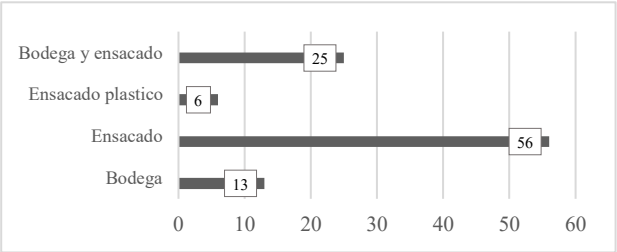

Figura 3. Tipo de almacenamiento del café en los productores.

La figura 4 muestra que el 75% de los productores emplean la vía seca para el beneficio del café y un 27% la vía húmeda.

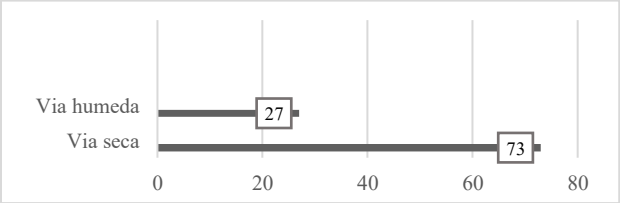

Figura 4. Tipo de beneficiado que emplean los productores.

Para el secado del café un 47% indica realizarlo en suelo y lona, 20% en patio de cemento, 20% en el suelo, un 13% en orilla de la carretera (Figura 5).

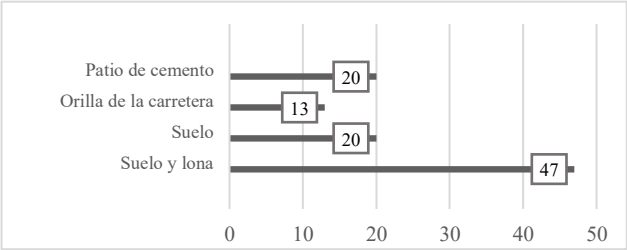

Figura 5. Tipo de infraestructura que manejan para el secado del café.

La figura 6 acerca del origen de agua para beneficio del café destaca el agua de pozo con 53%, seguido por el agua de río con 27%, agua de canal de riego 13% y agua potable 7%.

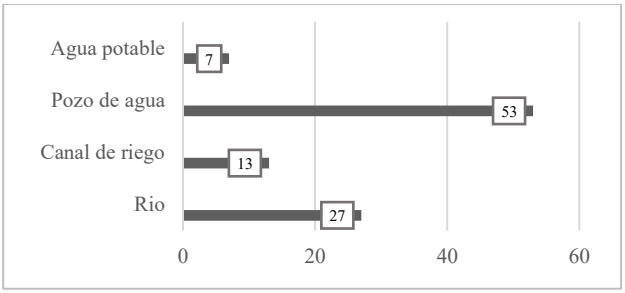

Figura 6. Origen del agua utilizado para el beneficio del café.

Curva de calibración realizada para análisis cuantitativo (OTA).

Cuando se realizó un análisis de regresión lineal en la curva de ocratoxina A, el coeficiente de regresión fue R^2=0,9964. El análisis estadístico descriptivo de las curvas nos permitió calcular un límite de detección de 0,018 ng/mL, correspondiente a una concentración de 0,86 µg/kg en la muestra.

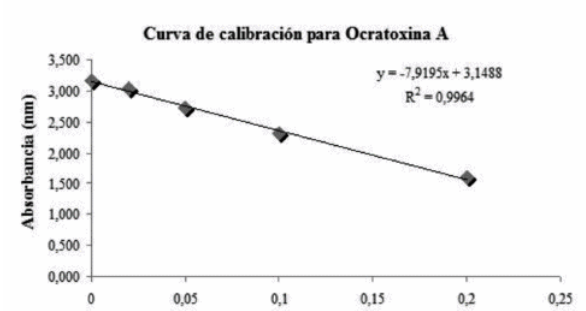

Figura 7. Curva de calibración realizadas en el ensayo de cuantificación de Ocratoxina A (OTA).

Es fundamental la calidad de las cerezas de café al momento de cosechar, así como evitar el moho generador de micotoxinas, además de las condiciones del manejo, consiguen favorecer el desarrollo de micotoxinas durante el beneficiado (Batista *et al.,* 2009).

Con respecto al almacenamiento del café, el 56% de productores del sondeo indican guardar su café en sacos, el 25% lo hace usando sacos y bodega. Las probabilidades de que el café almacenado, genere humedad nuevamente, dependerá de varios factores como la humedad de paredes y suelo, filtraciones por goteras y lluvia, falta de aireación y la mezcla de café ya seco con los que aún se encuentran húmedo (Zheng *et al.,* 2006).

Si antes del almacenamiento el café presenta contaminación por hongos productores de micotoxinas, y además la humedad del lugar es elevada, el desarrollo de estos microorganismos podría generar serios problemas. En Ecuador, la comercialización del café se realiza mayoritariamente en grano seco, el cual puede ser almacenado hasta por tres años, siempre que se mantengan condiciones controladas. Estas incluyen una humedad del grano no superior al 12 %, una humedad relativa del ambiente entre 50 % y 70 %, y una temperatura inferior a 26 °C (Seguridad alimentaria, 2020).

En este caso, la gran cantidad de muestras que reflejan micotoxinas indica que se lleva un manejo inadecuado del café poscosecha y un mayor riesgo de contaminación de los granos en contacto con el suelo durante el proceso de secado para reducir la contaminación en esta etapa preferible el uso de superficies cubierta, piso de cemento o asfalto (OMS, 2023)

En el estudio de micotoxinas realizado en muestras de café verde seco, los niveles más altos de contaminación por OTA fueron 445,60 µg/kg, 436,80 µg/kg y 442,50 µg/kg, y se concluyó que la concentración promedio de OTA en las muestras analizadas de café es del 300%; los niveles de micotoxinas en varios productos pueden aumentar o disminuir por factores como el clima, el lugar de almacenamiento y las condiciones durante el procesamiento (Drunday y Pacin, 2013).

Todas las muestras presentan concentraciones de (OTA) superiores al límite máximo permitido para café normado por la Unión Europea, que es de 5 µg/kg.

CONCLUSIONES

La mayoría de los caficultores secan el café en el suelo, en lonas y lo almacenan en bolsas de fibra de polipropileno lo que provoca una alta variabilidad en la calidad del producto y altos riegos de contaminación como OTA.

La presencia de hongos productores de micotoxinas fue evidente en todas las muestras analizadas, con concentraciones muy altas de OTA de 445,60 µg/kg, que superan el límite máximo permitido para el café, de 5 µg/kg, según la norma de la Unión Europea.

Existe la necesidad de realizar correctivos en cuanto al manejo poscosecha secado y almacenamiento del café arábigo, para lograr disminuir los niveles y riesgos de contaminación por micotoxinas.

LITERATURA CITADA

Batista, LR; Chalfoun, SM; Silva, CF; Cirillo, M; Varga, EA; Schwan, RF. 2009. Ochratoxin A in coffee beans (Coffea arabica L.) processed by dry and wet methods (en línea). Food Control 20(9):784-790. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2008.10.003.

Bucheli, P; Kanchanomai, C; Meyer, I; Pittet, A. 2000. Development of Ochratoxin A during Robusta (*Coffea canephora*) Coffee Cherry Drying (en línea). Journal of Agricultural and Food Chemistry 48(4):1358-1362. DOI: https://doi.org/10.1021/jf9905875.

Chamorro Hernández, L; Anchundia Lucas, MA; Jácome Cedillo, CJ; Rivas Rosero, CA. 2018. Incidencia de la ocratoxina a en la producción de café (en línea). Horizontes de Enfermería (8):29. DOI: https://doi.org/10.32645/13906984.790.

Drunday V, Pacin A. 2013. Occurrence of Ochratoxin A in coffee beans, ground roasted coffee and soluble coffee and method validation (en línea). Food Control 30(2):675-678. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.09.004

EUR-Lex . 2022. unión europea. 32006R1881 - ES - EUR-Lex. (en línea, sitio web). Consultado 22 jun. 2022. Disponible en https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2006/1881/oj#ntr6-L_2006364ES.01000501-E0006.

FAO-Enfoques. 2006. Ocratoxina A (OTA) en el café. (en línea, sitio web). Consultado 12 may 2022. Disponible en: https://www.fao.org/ag/esp/revista/0607sp1.htm#:~:text=Se%20trata%20de%20una%20sustancia,por%20completo%20con%20la%20torrefacci%C3%B3n.

FAO (Food and Agriculture Organization). 2005. Micotoxinas. (en línea, sitio web). Consultado 29 nov. 2022. Disponible en https://www.fao.org/food/food-safety-quality/a-z-index/mycotoxins/es/.

FAO (Food and Agriculture Organization). 2021. Informes resumidos de las reuniones 55ª y 56ª del Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) (Tema 4a del programa)[4]. 2022. (en línea, sitio web). Consultado 29 nov. 2022. Disponible en https://www.fao.org/3/y0474s/y0474s09.htm.

Puertas, Q. G. 2000. Beneficie correctamente su café y conserve la calidad de la bebida. https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/561/1/avt0276.pdf

IARC (International Agency for Research on Cancer). 1987. Overall evaluations of carcinogenicity: an updating of Monographs volumes 1 to 42. 1987:271 (IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Supplement 7) ISSN 0250-9555 https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-Supplements/Overall-Evaluations-Of-Carcinogenicity-An-Updating-Of-IARC-Monographs-Volumes-1%E2%80%9342-1987

OMS (Organización Mundial de la Salud). 2023. Micotoxinas. Retrieved July 31, 2024, from Who.int website: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mycotoxins

Peraica, M; Radic, B; Lucic, A; Pavlovic. (s. f.). Toxic effects of mycotoxins in humans (en línea).

Consultado 12 may 2022. Disponible en https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02652030500090042?scroll=top&needAccess=true.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2557730/pdf/10534900.pdf.

Seguridad alimentaria. 2020. (en línea, sitio web). Consultado 10 may 2022. Disponible en https://seguridadalimentaria.elika.eus/fichas-de-peligros/ocratoxina-a/#:~:text=3.-,Efectos%20en%20la%20salud%20humana,Balcanes)%20y%20la%20nefropat%C3%ADa%20tunecina.
.

Van der Merwe, KJ; Steyn, PS; Fourie, L; Scott, DB; Theron, JJ. 1965. Ochratoxin A, a Toxic Metabolite produced by Aspergillus ochraceus Wilh. (en línea). Nature 205(4976):1112-1113. DOI: https://doi.org/10.1038/2051112a0.

Zheng, MZ; Richard, JL; Binder, J. 2006. A Review of Rapid Methods for the Analysis of Mycotoxins (en línea). Mycopathologia 161(5):261-273. DOI: https://doi.org/10.1007/s11046-006-0215-6.